



Vlaanderen
is wetenschap



12_070_5
WL rapporten

MONEOS – jaarboek monitoring WL 2015

Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek
en fysische parameters zoals gemeten door WL in het
Zeescheldebekken in 2015

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be



MONEOS - jaarboek monitoring WL 2015

Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek
en fysische parameters zoals gemeten door WL in het
Zeescheldebekken in 2015

Vanlierde, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsens, S.; Van De Moortel, I.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Meire,
D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

Juni 2016

WL2016R12_070_5

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vanlierde, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsens, S.; Van De Moortel, I.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Meire, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2015: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2015. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.



D/2015/3241/252

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	MONEOS - jaarboek monitoring WL 2015: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2015		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2016R12_070_5
Keywords (3-5):	Tij, Sediment, Schelde, Monitoring, Slibbalans		
Tekst (p.):	142	Bijlagen (p.):	7
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever <input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf:	
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur	Revisor	Projectleider	Verantwoordelijke (Steunpunt) HIC	Afdelingshoofd
Ferket, B.	Plancke, Y.	Vanlierde, E.	Deschamps, M.	Mostaert, F.
Michielsens, S.				
Van de Moortel, I.	Meire, D.			
Pauwaert, Z.			Coördinator Studie & Advies	
Levy, Y.			Verwaest, T.	

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1.0	01/05/2016	Conceptversie	Ferket, B., Michielsens, S., Pauwaert, Z.; Vereycken, K., Van De Moortel, I., Vanlierde, E.
2.0	12/06/2016	Inhoudelijke revisie	Plancke, Y., Meire, D.
3.0	29/06/2016	Revisie opdrachtgever	Beirinckx, K., Roose, F.
4.0	29/06/2016	Definitieve versie	Vanlierde, E.

Abstract

Dit is het achtste (jaarlijkse) zogenaamde Moneos-rapport dat het Waterbouwkundig Laboratorium uitgeeft, met name over de monitoring van het jaar 2015. Eerdere rapporten gingen over 2008 t/m 2014. In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010) wordt een uitgebreide monitoring in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken gedaan. Het handelt grotendeels over een continue systeem-monitoring, en waarvan het merendeel al decennia lang wordt bemeten. Zo voert het Waterbouwkundig Laboratorium in het Zeescheldebekken vele continue metingen uit: waterstand, debieten, stromingen, chloridegehalten, turbiditeit en andere fysische parameters.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van die monitoring zoals het Waterbouwkundig Laboratorium in 2015 in het Zeescheldebekken deed, meer bepaald het deel dat voor Moneos dienstig is. Dit rapport is een factual data rapportage van getijwaarnemingen, bovendeibieten en andere parameters zoals stromingen, conductiviteit en turbiditeit gemeten in 2015. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie-document genoemd "basisboek" (Taverniers et al., 2013).

Inhoudstafel

Inhoudstafel	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst van de figuren	IV
Colofon	XII
Lijst van afkortingen	XIII
1. Inleiding	1
Jaarsamenvatting	2
2. Jaaroverzicht getijwaarnemingen	3
2.1. Getijwaarnemingen te Antwerpen	3
2.1.1. Jaaroverzicht	3
2.1.2. Jaaroverzicht 2015 in historisch perspectief	5
2.2. Getijwaarnemingen op overige tijmeetposten	10
2.3. Stormvloed	14
2.4. Speciale tijen	18
2.4.1. Speciaal tij 21 november 2015	18
3. Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken	21
3.1. Overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied	21
3.2. Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts	22
3.2.1. Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis	22
3.2.2. Bovendebieten 2015 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief	24
3.3. Overzicht bovendebieten aan de randen van het tijgebied	26
3.3.1. Globaal overzicht	26
3.3.2. Individuele wasregimes	29
4. Jaaroverzicht fysische parameters	39
4.1. Continue metingen "fysische parameters"	39
4.1.1. Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"	39
4.1.2. Verloop stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde	41
4.1.3. Verloop temperatuur continue meetlocaties Zeeschelde	58
4.1.4. Verloop saliniteit continue meetlocaties	68
4.1.5. Verloop suspensiegehalte	77
4.1.6. Verloop overige parameters	103
4.1.7. Slibbalans	106
4.2. Meetcampagnes	115
4.2.1. Langsvaarten	115
4.2.2. Dertienuursmetingen (debiet en sedimentconcentraties)	125
5. Referenties	141
Bijlage: MONEOS-T parameters	B1
A. Situering	B1
B. Methodologie	B1
C. Resultaten	B1
1.C.1 Jaarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaters	B1

Lijst van de tabellen

Tabel 1 - Zeeschelde in Antwerpen: hoofdkenmerkende waarden en extreme waarden van het tij voor het jaar 2015 en in historisch perspectief; (waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).....	5
Tabel 2 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor het jaar 2015, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.	11
Tabel 3 - Rupel, Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2015.	13
Tabel 4 - Beneden Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijden (1972-2015), verdeeld per decimeter (mTAW).	17
Tabel 5 - Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer.	21
Tabel 6 - Pentade-gemiddelde bovenafvoer Schelde te Schelle (m ³ /s)	23
Tabel 7 - 20 hoogste pentadegemiddelde afvoeren geregistreerd sinds 1991 tot december 2015	25
Tabel 8 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebiten aan de meetraaien, jaar 2015 (m ³ /s)	28
Tabel 9 - Overzicht van de toesteltypen van multi-parametertoestellen ingezet in 2015 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren	40
Tabel 10 - Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2015)	41
Tabel 11 - Gemiddelde en standaardafwijking van de gemeten stroomrichting bij eb en vloed te Boei 84/Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) en Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2015.	42
Tabel 12 - Verdeling (in %) van kwaliteitsvlaggen voor de parameters stroomsnelheid, 2015.	43
Tabel 13 - Overzicht statistieken voor de gemiddelde stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2015).	54
Tabel 14 - Overzicht statistieken voor de maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2015).	54
Tabel 15 - Verdeling kwaliteitsvlaggen voor de parameter temperatuur, 2015.	59
Tabel 16 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2015)	67
Tabel 17 - Verdeling kwaliteitsvlaggen voor de parameters Conductiviteit, 2015.	69
Tabel 18 - Overzicht van de saliniteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2015) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2015	76
Tabel 19 - R ² , RMSE en MSPE, het aantal datakoppels (N) en de min. en max. van deze datakoppels voor de SSC (turbiditeit) relatie van de verschillende Aanderaa meetlocaties	80
Tabel 20 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter turbiditeit (gemeten door SG500), 2015..	80
Tabel 21 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter turbiditeit (gemeten door SG2500), 2015.	80
Tabel 22 - Minimum, gemiddelde, maximum en standaardafwijking van de SSC bij KHW en KLW en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de getijde meetlocaties en op jaarbasis op niet-getijde meetlocaties (2015)	92
Tabel 23 - Enkelvoudige (enerzijds obv turbiditeit en anderzijds obv debiet) en meervoudige (obv turbiditeit en bijkomende predictor) regressiemodellen (o.b.v. data 2011-2015) aan de vier meetlocaties met ISCO staalnametoestel en YSI multiparametersonde	98
Tabel 24 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter zuurstofconcentratie (DO), 2015.	103

Tabel 25 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter zuurstofverzadiging (DO%), 2015.....	103
Tabel 26 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter zuurtegraad (pH), 2015.....	104
Tabel 27 - Regressiemodel en R ² -waarde voor de meetposten gebruikt voor de slibbalansberekening 2015 (Q _{dm} = daggemiddeld debiet), met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-voorspellingsinterval.....	109
Tabel 28 - Totale sedimentvracht (SSL) voor 2015 berekend via de interpolatiemethode met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-voorspellingsinterval.....	113
Tabel 29 - Herschalingfactor van meetraai naar monding.....	113
Tabel 30 - Totale sedimentvracht voor 2015 berekend via de interpolatiemethode aan de monding van de bemeten en <i>niet-bemeten</i> stroomgebieden en op de Zeeschelde te Schelle	114
Tabel 31 - Overzicht data meetcampagnes halve tij eb.	115
Tabel 32 - Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/L) van halftij-eb gegevens in 2015 langsheen de volledige Zeeschelde	122
Tabel 33 - Overzicht meetcampagnes dertienuursmetingen met datum van uitvoering en start- en einduur in MET	126
Tabel 34 - Debiet, Sedimentconcentratie (SSC), Sedimentflux (SSF), Sedimentvracht (SSL), Stroomsnelheid en Volume bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de dertienuursmetingen in 2015	140

Lijst van de figuren

Figuur 1 - Beneden Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2015 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater.	3
Figuur 2 - Verloop van tijverschil geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2015.	4
Figuur 3 - Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2015.	4
Figuur 4 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van hoogwaters en laagwaters in 2015 verdeeld per decimeter TAW.....	6
Figuur 5 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van tijverschillen in 2015 verdeeld per decimeter TAW.....	7
Figuur 6 -Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddelden van hoogwater. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm (uiteraard werden in het verleden ook peilschaalopmetingen gedaan, maar deze zijn hier niet weergegeven).	7
Figuur 7 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddelden van laagwater. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm.....	8
Figuur 8 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van tijverschillen.	8
Figuur 9 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend.....	9
Figuur 10 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend.....	9
Figuur 11 - Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium te 2015, waarin de MONEOS posten apart uitgelicht worden.....	10
Figuur 12 - Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2015 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.	12
Figuur 13 - Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2015 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.	12
Figuur 14 - Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2015 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug).	14
Figuur 15 - Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2015 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug).	15
Figuur 16 - Stormvloed op 28 november 2015 - waterstand te Antwerpen van 26-30 november 2015 (UTC).	16
Figuur 17 - Frequentietabel van opzet te Antwerpen berekend a.d.h.v. het verschil tussen gemeten hoog- en laagwaters en astronomische voorspelde hoog- en laagwaters te Antwerpen in de periode 1987-2015. 16	
Figuur 18 - Hoogte van stormtijden in relatie tot de opzet voor de periode 1987-2015.....	18
Figuur 19 - Speciaal tij op 21 november 2015. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Antwerpen, Temse en Dendermonde (tijd in UTC).	19
Figuur 20 - Weerkaarten van 21 november 2015: 12u & 18u UTC (www.knmi.nl, geraadpleegd op 26 april 2016).....	20
Figuur 21 - Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend	22

Figuur 22 - Zeescheldebekken: Pentadegemiddelde waarden voor de afvoer van "de Schelde te Schelle", opgedeeld in de bieten aangeleverd door de Rupel (blauw) en door de Boven-Zeeschelde (rood) voor 2015	23
Figuur 23 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2015.....	24
Figuur 24 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2015 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte	24
Figuur 25 - Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentade-berekening voor de periode 1991-2015.....	25
Figuur 26 - Pentadedebieten in de periode 1991- 2015 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m ³ /s.....	26
Figuur 27 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2015	27
Figuur 28 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien in het jaar 2015	27
Figuur 29 - Pentadeafvoer van de Rupel en de Bovenschelde opwaarts de monding van de Rupel in het jaar 2015.....	28
Figuur 30 - Procentuele bijdrage van de Bovenschelde opwaarts de monding van de Rupel tot het Zeeschelde debiet van 1991 tot 2015	29
Figuur 31 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 1 januari tot 22 januari 2015.	30
Figuur 32 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 1 tot 22 januari 2015	30
Figuur 33 - Gevallen neerslag van 25 januari tot 3 februari 2015	31
Figuur 34 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 26 januari tot 7 februari 2015	31
Figuur 35 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 26 januari tot 7 februari 2015	31
Figuur 36 - Gevallen neerslag van 19 februari 2015 tot 3 maart 2015	32
Figuur 37 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 18 februari tot 7 maart 2015.	32
Figuur 38 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 18 februari tot 7 maart 2015	33
Figuur 39 - Gevallen neerslag van 28 maart 2015 tot 3 april 2015	33
Figuur 40 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 25 maart tot 5 april 2015	34
Figuur 41 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 25 maart tot 5 april 2015	34
Figuur 42 - Gevallen neerslag van 18 tot 23 november 2015	35
Figuur 43 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 18 tot 28 november 2015..	35
Figuur 44 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 18 tot 28 november 2015 ...	36
Figuur 45 - Gevallen neerslag van 29 november tot 2 december 2015	36
Figuur 46 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 29 november tot 6 december 2015.....	37
Figuur 47 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 29 november tot 6 december 2015.....	37
Figuur 48 - Locatie van Moneos-meetposten in Zeeschelde en bijrivieren waar continue monitoring van fysische parameters plaatsvindt	39
Figuur 49 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015).....	44
Figuur 50 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015).....	44

Figuur 51 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	45
Figuur 52 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	45
Figuur 53 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	46
Figuur 54 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	46
Figuur 55 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015) ..	47
Figuur 56 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	47
Figuur 57 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	48
Figuur 58 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	48
Figuur 59 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	49
Figuur 60 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	49
Figuur 61 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	50
Figuur 62 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)	50
Figuur 63 - Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2015)	52
Figuur 64 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid, op basis van een Delft3D model ontwikkeld in het kader van habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2013), bij gemiddeld getij ter hoogte van Boei 84	52
Figuur 65 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid, op basis van een Delft3D model ontwikkeld in het kader van habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2013), bij gemiddeld getij ter hoogte van Oosterweel	53
Figuur 66 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid, op basis van een Delft3D model ontwikkeld in het kader van habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2013), bij gemiddeld getij ter hoogte van Driegoten	53
Figuur 67 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)	55
Figuur 68 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)	55
Figuur 69 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)	56
Figuur 70 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)	56
Figuur 71 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)	57
Figuur 72 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)	57
Figuur 73 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Driegoten (Beneden-Zeeschelde), versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)	58

Figuur 74 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde) (2015)	60
Figuur 75 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	61
Figuur 76 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	61
Figuur 77 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	62
Figuur 78 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	62
Figuur 79 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) (2015)	63
Figuur 80 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	63
Figuur 81 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	64
Figuur 82 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeeschelde) (2015)	64
Figuur 83 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)	65
Figuur 84 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2015)	65
Figuur 85 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)	66
Figuur 86 - Boxplot voor de gemeten Temperatuur bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2015). Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2015	66
Figuur 87 - Temperatuur Dendermonde (Dender) en Eppegem (Zenne) (2015)	68
Figuur 88 - Saliniteit bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden - Zeeschelde) (2015)	70
Figuur 89 - Saliniteit bij KHW en KLW te Boei 84 Boven (Beneden - Zeeschelde) (2015)	70
Figuur 90 - Saliniteit bij KHW en KLW te Boei 84 Onder (Beneden - Zeeschelde) (2015)	71
Figuur 91 - Saliniteit bij KHW en KLW te Lillo Meetpaal Boven (Beneden - Zeeschelde) (2015)	71
Figuur 92 - Saliniteit bij KHW en KLW te Lillo Meetpaal Onder (Beneden - Zeeschelde) (2015)	72
Figuur 93 - Saliniteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden - Zeeschelde) (2015)	72
Figuur 94 - Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel Onder (Beneden - Zeeschelde) (2015)	73
Figuur 95 - Saliniteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven - Zeeschelde) (2015)	73
Figuur 96 - Saliniteit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven - Zeeschelde) (2015)	74
Figuur 97 - Saliniteit bij KHW en KLW te Melle (Boven - Zeeschelde) (2015)	74
Figuur 98 - Saliniteit bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden - Nete) (2015)	75
Figuur 99 - Boxplot voor de gemeten saliniteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2015). Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2015	75
Figuur 100 - Saliniteit te Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) (2015)	76
Figuur 101 - Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84, Lillo, Oosterweel en Driegoten (2015)	78
Figuur 102 - Datakoppels SSC-Turbiditeit voor de kalibratiecampagnes te Driegoten	78
Figuur 103 - Turbiditeit te Driegoten (2015)	79

Figuur 104 - Kalibratierelaties SSC-turbiditeit met 95% voorspellingsinterval opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84 (SG500 linksboven) Boei 84 en Lillo (SG2500 rechtsboven), Lillo (SG500 midden links), Oosterweel (SG2500 midden rechts), Driegoten Zomer (SG2500 linksonder) en Driegoten Winter (SG2500 rechtsonder)	81
Figuur 105 - SSC bij K LW en K HW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015).....	82
Figuur 106 - SSC bij K LW en K HW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	82
Figuur 107 - SSC bij K LW en K HW te Lillo Meetpaal (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	83
Figuur 108 - SSC bij K LW en K HW te Oosterweel (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)..	83
Figuur 109 - SSC bij K LW en K HW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015) ...	84
Figuur 110 - SSC bij K LW en K HW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015).....	84
Figuur 111 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	85
Figuur 112 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	85
Figuur 113 - Maximale SSC bij eb en vloed te Lillo (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)..	86
Figuur 114 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	86
Figuur 115 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	87
Figuur 116 - Maximale SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)	87
Figuur 117 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	88
Figuur 118 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	88
Figuur 119 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Lillo (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	89
Figuur 120 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)	89
Figuur 121 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)	90
Figuur 122 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)	90
Figuur 123 - Boxplot voor de SSC bij K HW en K LW op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2015).....	91
Figuur 124 - Boxplot voor de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2015).....	91
Figuur 125 - Wekelijkse storthoeveelheid op de baggerstortplaatsen 'Oosterweel' en 'Punt van Melsele' (2015). De hoeveelheden staan weergegeven als gereduceerd volume (V) in m ³	93
Figuur 126 - Automatisch staalnametoestel ISCO (type 6712FR) met koeling Teledyne (Teledyne Technologies Inc.; 2012).	94
Figuur 127 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Melle (Boven-Zeeschelde).....	95
Figuur 128 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Duffel Sluis (Beneden-Nete).....	95
Figuur 129 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Dendermonde (Dender).....	96
Figuur 130 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Eppegem (Zenne).....	96

Figuur 131 - Regressiemodel tussen turbiditeit, conductiviteit en SSC te Duffel Sluis (Beneden-Nete), voor 'zomer' (Mei-September, rechts) en 'winter' (Januari-April en Oktober-December, links): ruwe data (zwart), regressiemodel (blauw) en het onderste (groen) en bovenste (rood) 95%-voorspellingsinterval	98
Figuur 132 - SSC bij K LW en K HW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)	99
Figuur 133 - SSC bij K LW en K HW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2015)	100
Figuur 134 - Maximale SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)	100
Figuur 135 - Maximale SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeeschelde) (2015)	101
Figuur 136 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)	101
Figuur 137 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeeschelde) (2015)	102
Figuur 138 - SSC (geschat o.b.v. regressiemodellen) te Dendermonde (Dender)	102
Figuur 139 - SSC (geschat o.b.v. regressiemodellen) te Eppegem (Zenne)	103
Figuur 140 - Zuurstofgehalte [mg/L] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)	104
Figuur 141 - Zuurstofverzadiging [%] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)	105
Figuur 142 - Zuurtegraad [pH] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)	105
Figuur 143 - Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de verschillende stroomgebieden (+ jaarlijkse sedimentvracht berekend d.m.v. de interpolatiemethode voor de periodes 1972-2009 – Bron: Van Hoestenbergh et al. (2014))	106
Figuur 144 - Stroomgebieden van de Kleine en Grote Nete met aanduiding van de meetposten te Grobbendonk en Itegem en hun respectievelijke afstroomgebieden	107
Figuur 145 - Regressiemodel Debiet-SSC 2015	108
Figuur 146 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dender te Dendermonde-Appels	110
Figuur 147 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zenne te Eppegem	110
Figuur 148 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Kleine Nete te Grobbendonk ..	111
Figuur 149 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dijle/Demer te Haacht	111
Figuur 150 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Grote Nete te Itegem	112
Figuur 151 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) methode voor de Boven-Zeeschelde te Melle	112
Figuur 152 - Gecumuleerde sedimentvracht SSL geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zeeschelde te Schelle in 2015	114
Figuur 153 - Ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten	116
Figuur 154 - Sedimentconcentratie bij kentering hoogwater langsheen de Beneden-Zeeschelde (mg/L) ..	117
Figuur 155 - Sedimentconcentratie bij kentering laagwater langsheen de Beneden-Zeeschelde (mg/L) ..	118
Figuur 156 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb langsheen de Beneden-Zeeschelde (mg/L)	119
Figuur 157 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in februari 2015 langsheen de volledige Zeeschelde	120

Figuur 158 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in mei 2015 langsheen de volledige Zeeschelde	120
Figuur 159 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in september 2015 langsheen de volledige Zeeschelde ..	121
Figuur 160 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in december 2015 langsheen de volledige Zeeschelde ...	121
Figuur 161 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Boei 79	122
Figuur 162 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Liefkenshoek	123
Figuur 163 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Oosterweel	123
Figuur 164 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Kennedy-tunnel	124
Figuur 165 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Rupelmonde	124
Figuur 166 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde).....	127
Figuur 167 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015	128
Figuur 168 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015.....	128
Figuur 169 - SSF tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015 ..	129
Figuur 170 - Meetraai voor de 13u-meting te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde)	129
Figuur 171 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015.....	130
Figuur 172 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015.....	130
Figuur 173 - SSF tijdens de 13u-metingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015	131
Figuur 174 - Meetraai voor de 13u-meting te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde)	131
Figuur 175 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015 ..	132
Figuur 176 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015.....	132
Figuur 177 - SSF tijdens de 13u-metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015	133
Figuur 178 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Driegoten (Boven-Zeeschelde)	133
Figuur 179 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015	134
Figuur 180 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015.....	134
Figuur 181 - SSF tijdens de 13u-metingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015	135
Figuur 182 - Meetraai voor de 13u-meting te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde)	135
Figuur 183 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015.....	136
Figuur 184 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015.....	136
Figuur 185 - SSF tijdens de 13u-metingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015	137
Figuur 186 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Terhagen (Rupel)	137

Figuur 187 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Boom (boven) en Terhagen (onder) (Rupel) in 2009 t.e.m. 2015.....	138
Figuur 188 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2015.....	139
Figuur 189 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2015.....	139
Figuur 190 - Boxplots van de sedimentflux bij eb en vloed tijdens de 13u-metingen langs de verschillende dwarsraaien in 2015	140

Colofon

Aan het tot stand komen van dit jaarrapport dragen meerdere mensen bij in diverse aspecten en domeinen.

Onze dankbaarheid gaat uit naar:

- Emmanuel Cornet, Stef Michielsens, Bram Ferket, Zoë Pauwaert, Raf Hendrickx, Ivo Van De Moortel en Yaïr Levy voor het valideren en verwerken van de terreindata.
- Andy Henderick en Hans Vereecken voor het opvolgen van terrein en terreindata.
- Gert Leyssen en Kobe de Decker voor het helpen corrigeren van datafouten in de verschillende databanken.
- Erwin De Backer, Guy Coppens, Ria Paulussen, Ivo Milants en Jean-Paul Van Laethem voor het goede terreinwerk, ook dit jaar weer. Jullie zijn onmisbaar.
- Silke Broidioi en Jochem Beullens voor het aanleveren van mooi kaartmateriaal.
- Yves Plancke en Dieter Meire voor de constructieve revisies, die het rapport elk jaar weer beter maken.

Lijst van afkortingen

CTD: Conductiviteit – Temperatuur – Druk; tevens afkorting voor het meettoestel dat deze drie parameters registreert

HTE: Halve tij eb

FTU: Formazine turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door Aanderaa Seaguard multiparametertoestellen

GHW: gemiddeld hoogwater

GLW: gemiddeld laagwater

GTV: gemiddeld tijverschil, zijnde het hoogteverschil tussen het gemiddeld hoogwater en het gemiddeld laagwater

HHW: hoogste hoogwater

HLW: hoogste laagwater

KHW: kentering hoog water

KLW: kentering laag water

LCI: Lower confidence interval; onderste 95% voorspellingsinterval

LHW: laagste hoogwater

LLW: laagste laagwater

NTU: Nephelometric turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door YSI multiparametertoestellen

SSC: suspended sediment concentration, suspensiegehalte aan sediment

STDEV: standaard deviatie

TAW: Tweede Algemene Waterpassing, referentieniveau voor waterpassing gebruikt in België

UCI: Upper confidence interval; bovenste 95% voorspellingsinterval

1. Inleiding

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010), beantwoordend aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie 2030 (LTV-2030), wordt onder de naam MONEOS (MONitoring Effecten ONtwikkeling-Schets) een uitgebreide monitoring uitgevoerd in het mondingsgebied van het Schelde-estuarium, in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. Daarbij handelt het grotendeels over een continue systeem-monitoring, deels over project- en kleinendeels over studie-monitoring. Veel van de systeem-monitoring is een verderzetting van al decennia lang bestaande meetnetten en metingen, of uitgebreid naar meer locaties of naar meer parameters.

Het globale MONEOS-programma omhelst verschillende delen, zowel naar:

- de drie luiken, zijnde toegankelijkheid, natuurlijkheid en veiligheid;
- de aard van de te meten parameters: hydraulisch, morfologisch, fysico-chemisch, biologisch, ...
- de plaats (water, slikken en platen, schorren, gebieden aan landzijde zoals overstromingsgebieden, gebieden met een gecontroleerd gereduceerd getij, ...).

In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout vele continue metingen uit over waterstand, debiet, stroming, conductiviteit/chloridegehalte, turbiditeit/suspensie-gehalte, en andere fysische parameters, waarvan vele metingen in het globale MONEOS-programma mee opgenomen zijn.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de in 2015 door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout in eigen regie en uitvoering gedane monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Het gaat in dit rapport om basis-parameters van het Zeescheldebekken, parameters die eigen zijn aan het beleidsdomein "Mobiliteit en Openbare Werken" waartoe het Waterbouwkundig Laboratorium behoort, zoals:

- waterstanden (het tij in het Zeescheldebekken);
- bovendebieten (de afvoer van het hydrografisch bekken opwaarts en doorheen het tijgebied);
- temperatuur, conductiviteit en chloridegehalte van vnl. het water van Zeeschelde en Nete;
- stromingen (o.a. stroomsnelheid en –richting op continue meetplaatsen);
- turbiditeit en suspensiegehalte (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde en Nete, aangevuld met metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken).

Dit rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de vernoemde parameters duidelijk weergeeft. Dit rapport is het achtste in een reeks, en bevat louter de weergave en rapportering van de resultaten voor 2015. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie document genaamd "Basisboek" dat reeds verscheen (Taverniers et al., 2013).

Jaarsamenvatting

Getij

In het jaar 2015 vond één stormvloed (> 6.60 mTAW te Antwerpen) plaats (28 november 05:01 MET, $6,76$ mTAW te Antwerpen).

Verder klasseert het getij in het jaar 2015 zich als normaal binnen de context van de tijen van de voorbije decennia.

Tot slot klasseert het jaar 2015 zich ook naar frequentieverdeling van optreden van alle hoogwaterstanden, alle laagwaterstanden en meteen ook van alle getijverschillen als normaal.

Bovendebieten

Het jaar 2015 is een jaar met een vrij beperkte afvoer (gemiddeld $96 \text{ m}^3/\text{s}$), die vooral in de zomermaanden vrij lage waarden vertoonde

2015 was wat afvoer aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken aangaat, gekenmerkt door zes periodes van hogere afvoer:

- Periode 1: 01-01-2015 tot 22-01-2015
- Periode 2: 26-01-2015 tot 07-02-2015
- Periode 3: 18-02-2015 tot 07-03-2015
- Periode 4: 25-03-2015 tot 05-04-2015
- Periode 5: 18-11-2015 tot 28-11-2015
- Periode 6: 29-11-2015 tot 06-12-2015

Fysische parameters

Continue metingen

Het jaar 2015 was een jaar met beperkte afvoer, waardoor de saliniteit behoorlijk kon doordringen tijdens zomercondities, en ook het estuarien turbiditeitsmaximum stroomopwaarts opschoof en kon gedetecteerd worden in onze posten Duffel Sluis (Beneden Nete) en Driegoten (Zeeschelde) maar nauwelijks nog te detecteren was te Melle.

Slibbalans

Het resultaat (159.057 ton in 2015) te Schelle ligt merkkelijk lager dan de jaarlijkse gemiddelden voor de periode 1972-2009 en 1992-2009, nl. 286.548 ton resp. 237.927 ton, maar wel boven de minima van deze periodes, nl. 130.319 ton resp. 103.753 ton.

Langsvaarten

- Tijdens de kentering hoogwater vaarten blijft de sedimentconcentratie onder de 100 mg/L , behalve in het opwaartse traject (vanaf 75 km) waar tot lokaal 200 mg/L concentraties gevonden worden.
- Tijdens de kentering laagwater vaarten wordt eind 2014 en 2015 opnieuw hogere concentraties opgemeten (tot 200 mg/L) in het opwaartse gedeelte, maar nieuw is ook de toename tot zo'n 200 mg/L in de zone $65\text{-}70 \text{ km}$ tijdens 2015.
- Tijdens de halftij eb vaarten blijven de hoogste sedimentconcentraties in de zone $60\text{-}80 \text{ km}$ gevonden worden. Er werd een toename (van 350 naar 500 mg/L) opgemerkt in deze zone tijdens 2014 en deze verhoging blijft ongeveer behouden (en wordt zelfs licht afgezwakt) in 2015.

2. Jaaroverzicht getijwaarnemingen

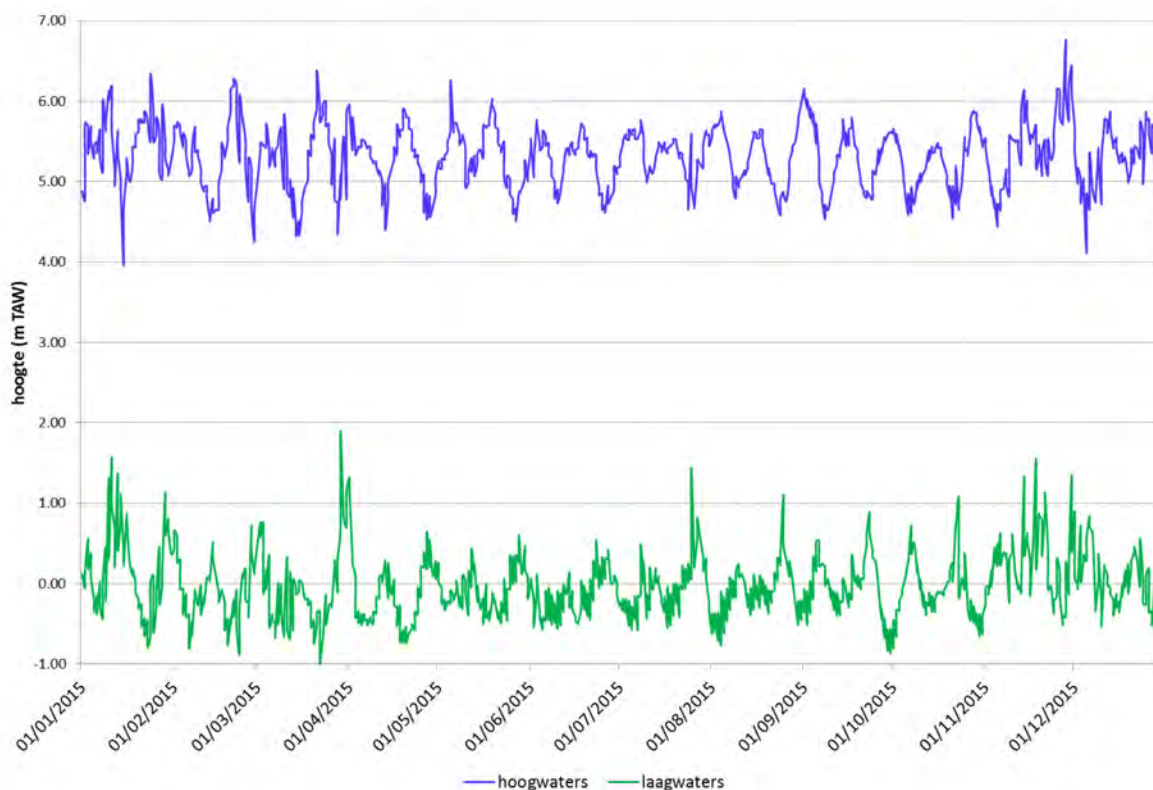
Voor achtergrond en duiding bij het getij in het Zeescheldebekken, meetlocaties en het normale verloop van het getij wordt verwezen naar het "Basisboek" (Taverniers et al., 2013).

2.1. Getijwaarnemingen te Antwerpen

2.1.1. Jaaroverzicht

Al meer dan honderdtwintig jaar wordt in Antwerpen ter hoogte van het Loodsgebouw het getij geregistreerd. Ondermeer daarom, en gezien het representatieve karakter, worden de data afkomstig van de getij-meetpost te Antwerpen als toetssteen van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt.

Figuur 1 toont het jaarverloop 2015 voor hoogwaters (in blauwe lijn) en voor laagwaters (in groene lijn) voor de meetpost Antwerpen. De zeer hoge en zeer lage hoog- en laagwaterstanden komen hier duidelijk naar voor. Ook kunnen de ongeveer veertien/vijftien-daagse periodes van spring- en doottij visueel onderscheiden worden.

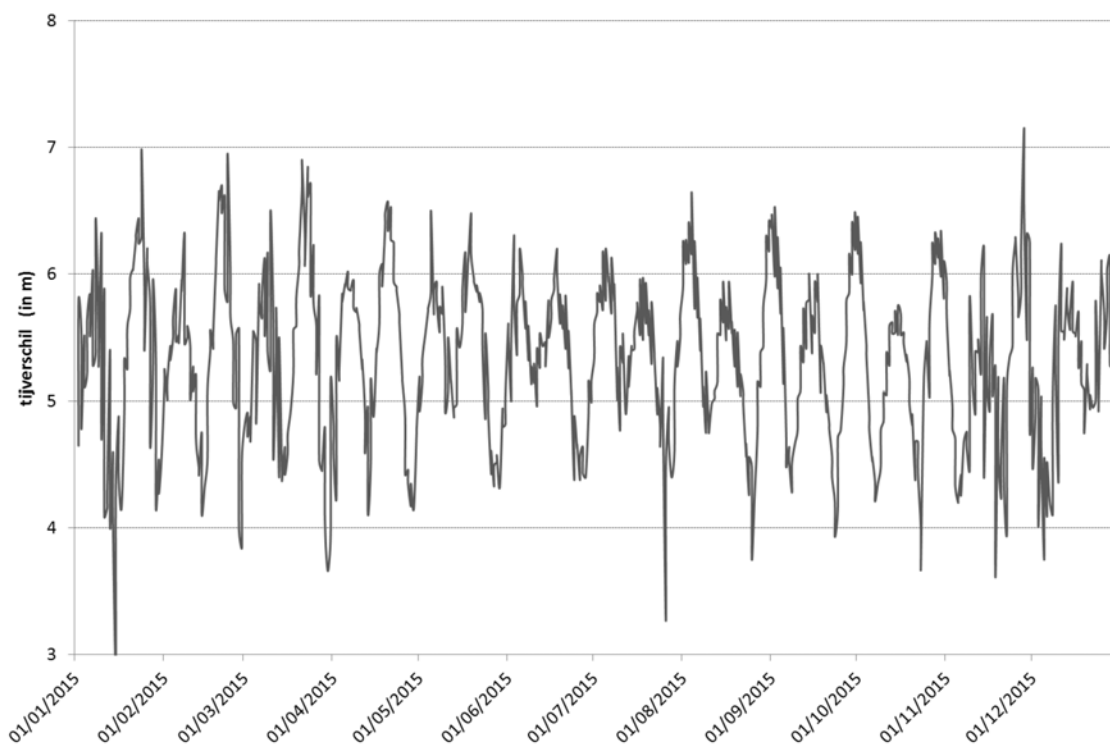


Figuur 1 - Beneden Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2015 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater.

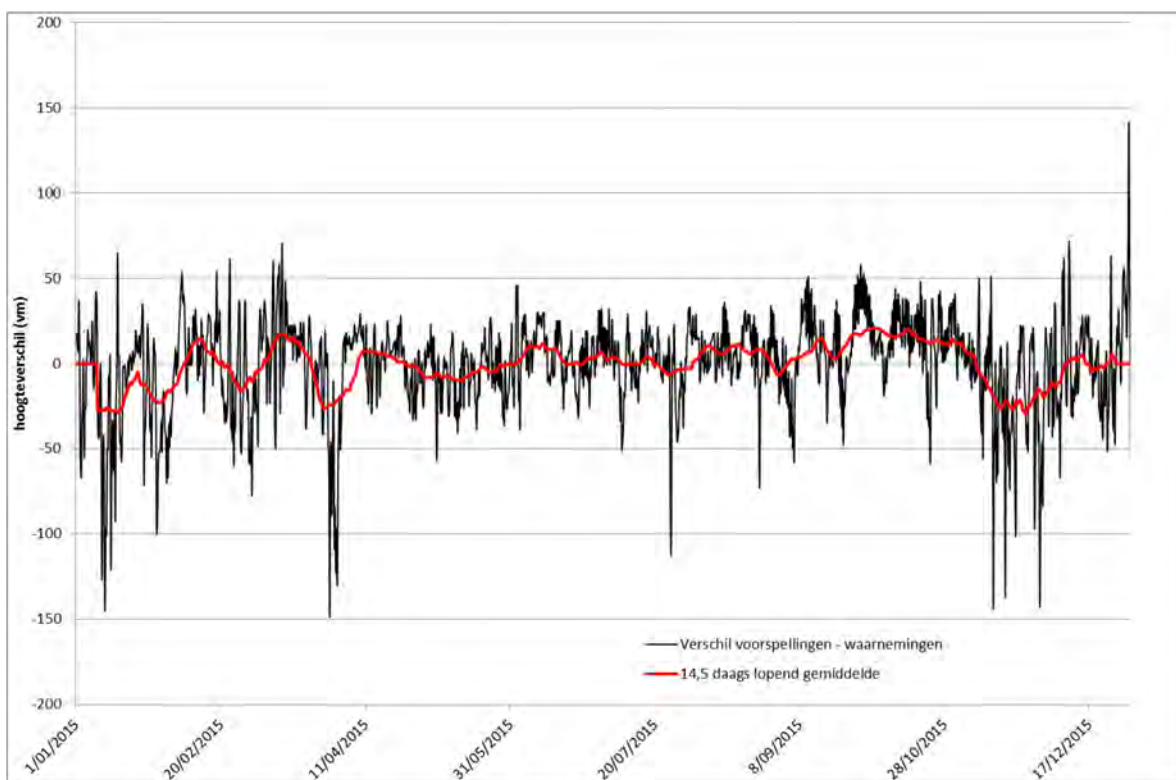
Deze doottij-springtijcyclus valt tevens op te merken in het jaarverloop van het tijverschil, dat getoond wordt in Figuur 2.

De springtij-doottijcyclus is astronomisch te voorspellen. Echter, de waarnemingen kunnen in beduidende mate afwijken van het astronomisch verloop. Dit komt omdat ze sterk beïnvloed kunnen worden door meteorologische omstandigheden. In het afwaartse deel van het tijbekken zijn vooral opwaaiing en afwaaiing belangrijk. In het opwaartse deel kunnen waterstanden sterk beïnvloed worden door de variatie van kleine, gemiddelde, grote en zeer grote bovendebieten uit de opwaarts van het tijbekken gelegen hydrografische gebieden.

Dit is geïllustreerd in Figuur 3, waarin de verschillen tussen de astronomisch voorspelde hoog- en laagwaters en de effectief waargenomen waarden voor het jaar 2015 zijn weergegeven. Hierin kan ook duidelijk een verschil tussen de zomer- en de wintermaanden opgemerkt worden.



Figuur 2 - Verloop van tijverschil geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2015.



Figuur 3 - Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2015.

Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen opgetreden en astronomisch voorspeld getij klein (de absolute waarde bedraagt gemiddeld zo'n 15 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 31 cm, met een maximum verschil van 1,30 m). Dit komt doordat tijdens de zomer er slechts weinig opwaaiingen en weinig afwaaiingen plaatsvinden. Tijdens de wintermaanden (oktober - maart) wordt er een grotere variabiliteit aan verschillen tussen astronomisch voorspeld en effectief waargenomen getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 25 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 61 cm, met een maximum verschil van 1,49 m).

2.1.2. Jaaroverzicht 2015 in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het vaak interessanter om een aantal kerngetallen van het voorbije jaar weer te geven met enkele referentiegetallen ter vergelijking. Tabel 1 toont een overzicht van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor de tijpost Antwerpen in 2015. Tevens zijn in deze tabel de waarden van 2015 vergeleken met de waarden van de laatste vier decennia.

De bovenvernoemde kenmerkende tijwaarden zijn gemiddeld hoogwater (GHW), gemiddelde laagwater (GLW), gemiddeld tijverschil (GTV), duur van de stijging en duur van de daling, en dit zowel voor middeltij (jaargemiddelden van alle geregistreerde hoog- en laagwaterstanden), als voor springtij en voor doodtij.

Tot slot zijn ook de uiterste waarden (hoogste en laagste hoogwater (HHW en LHW) alsook hoogste en laagste laagwater (HLW en LLW)) geregistreerd in 2015 alsook in de 4 voorafgaande decennia opgenomen in deze tabel.

Tabel 1 - Zeeschelde in Antwerpen: hoofdkenmerkende waarden en extreme waarden van het tij voor het jaar 2015 en in historisch perspectief; (waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

		1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2015
middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,30	5,32
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,05	-0,03
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,35
	<i>Duur van de stijging</i>	<i>05:18</i>	<i>05:22</i>	<i>05:25</i>	<i>05:31</i>	<i>5:29</i>
	<i>Duur van de daling</i>	<i>07:07</i>	<i>07:03</i>	<i>07:01</i>	<i>06:54</i>	<i>6:56</i>
springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,69
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,19	-0,34
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,94	6,03
	<i>Duur van de stijging</i>	<i>4:45</i>	<i>5:00</i>	<i>05:01</i>	<i>05:08</i>	<i>5:11</i>
	<i>Duur van de daling</i>	<i>7:25</i>	<i>7:20</i>	<i>07:18</i>	<i>07:12</i>	<i>7:13</i>
doodtij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,84
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,32
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,51
	<i>Duur van de stijging</i>	<i>5:47</i>	<i>5:54</i>	<i>05:55</i>	<i>06:05</i>	<i>5:58</i>
	<i>Duur van de daling</i>	<i>6:53</i>	<i>6:48</i>	<i>06:44</i>	<i>06:39</i>	<i>6:46</i>
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,08	6,76
	LHW	3,35	3,01	3,53	3,63	3,96
	99 ^{ste} percentiel	6,04	6,16	6,18	6,35	6,13
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	1,90
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,24	-1,00
	1 ^{ste} percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,66	-0,71

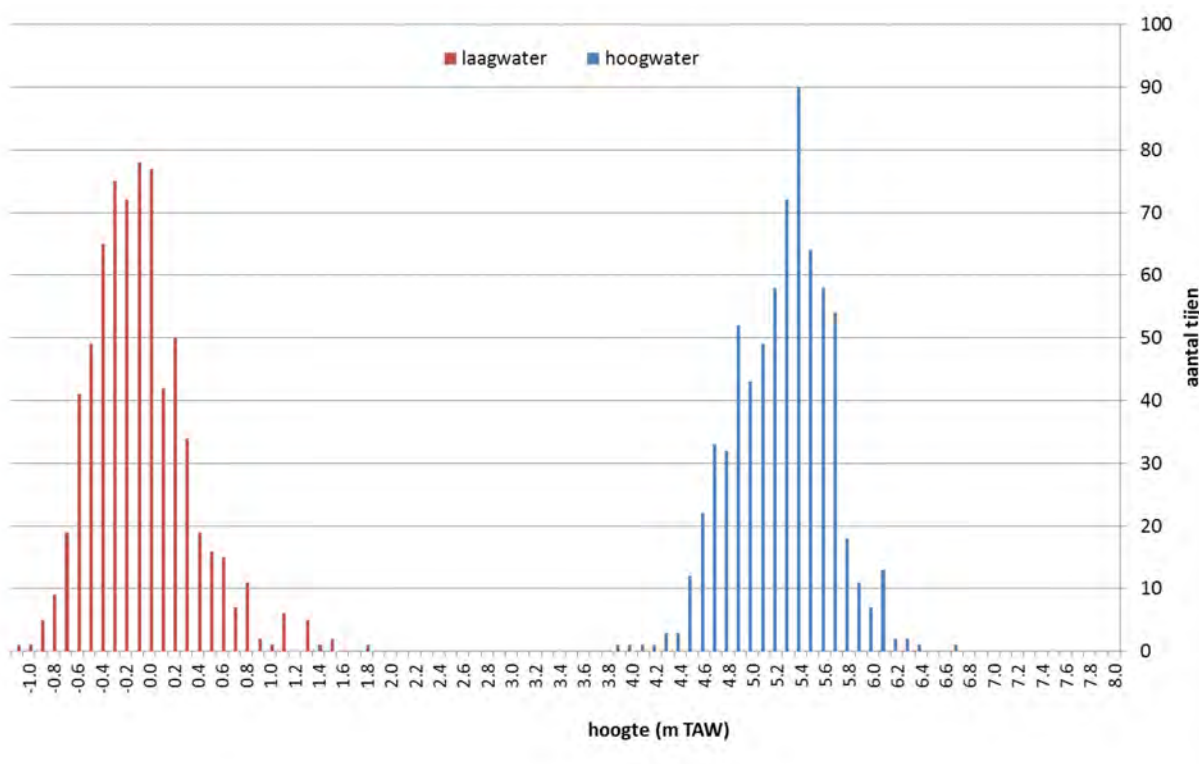
Deze kernwaarden geven echter geen volledig beeld van de verdeling van de hoogwaters, laagwaters en tijverschillen. Daarom tonen Figuur 4 en Figuur 5 frequentieverdelingen voor het jaar 2015, waarin per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal registraties van deze parameters.

Het totale bereik waarover de tijverschillen in de getoonde periode zijn gegaan, is niet uitzonderlijk. Gespreid over 37 klassen is er een bereik van 2,80 m tot 7,10 m.

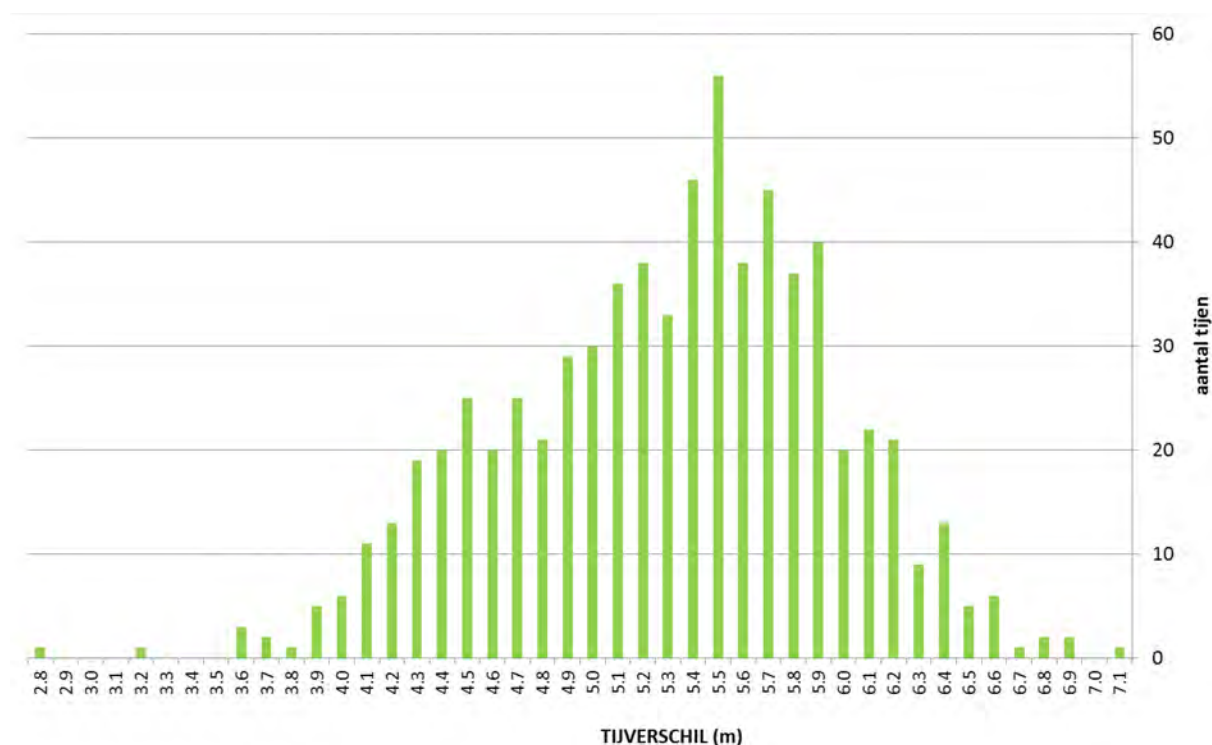
Figuur 4 en Figuur 5 handelen wel over de gegevens te Antwerpen, maar de trend geldt voor alle locaties, en voor bijvoorbeeld de opwaartse vakken van het tijbekken kan dit ook makkelijk begrepen worden omdat bij grote bovendebieten en wasregimes, zowel hoog- als laagwaters sterk verhogen, maar de laagwaters nog (soms veel) meer dan de hoogwaters, waardoor het tijverschil beduidend kleiner wordt dan normaal.

Het jaar 2015 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 1) een vrij normaal jaar. Dat blijkt ook uit de volgende figuren.

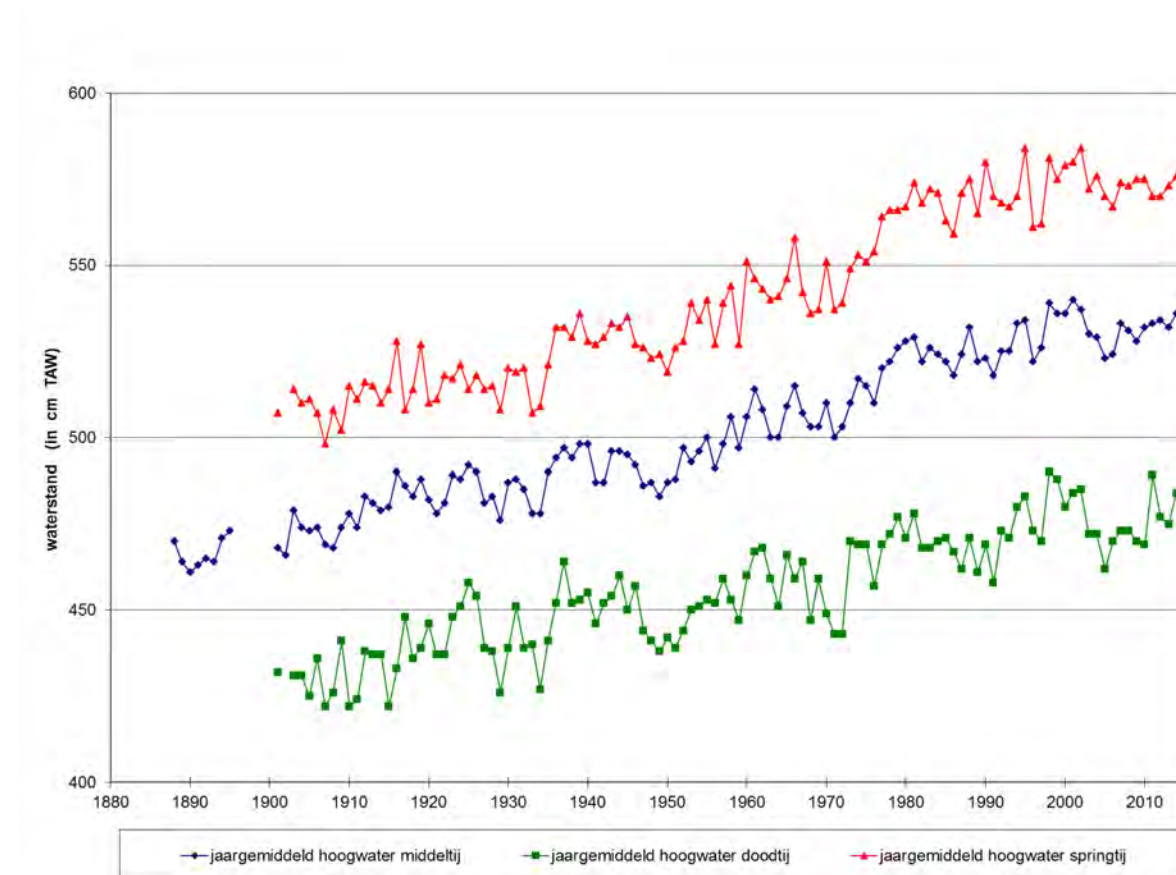
Naast Tabel 1 en Figuur 4 en Figuur 5 wordt het tij van 2015 ook in grafisch historisch perspectief geplaatst. Figuur 6 t/m Figuur 10 schetsen dit historisch beeld.



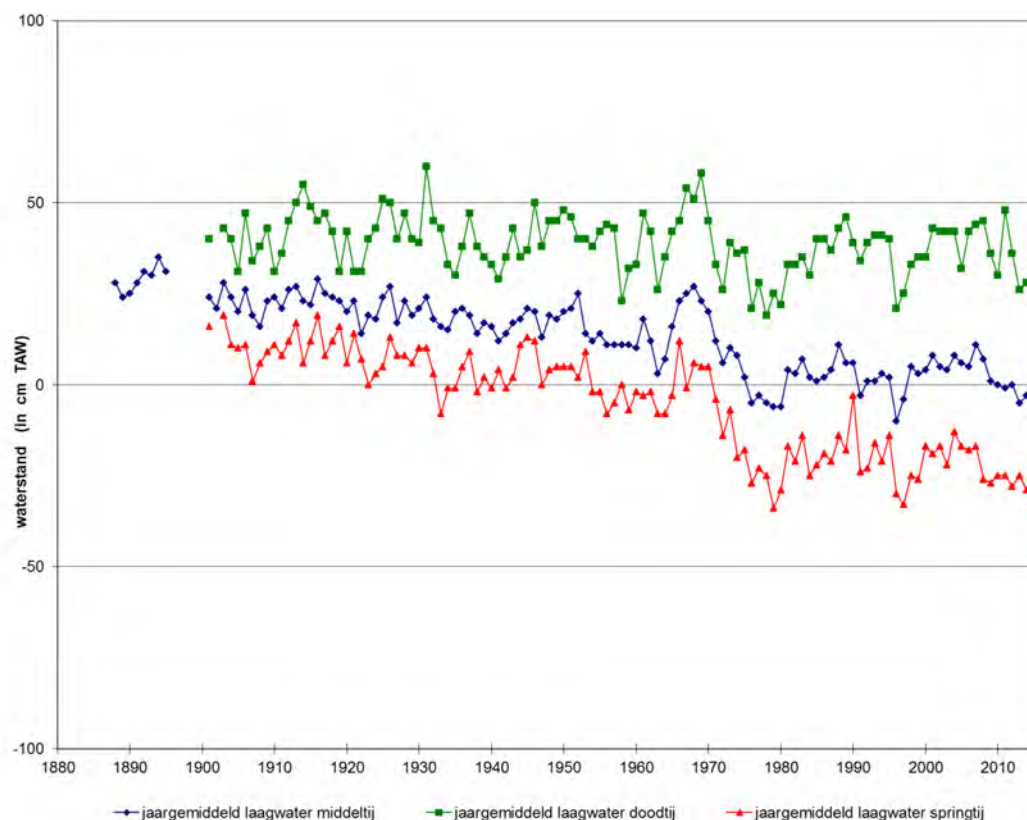
Figuur 4 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van hoogwaters en laagwaters in 2015 verdeeld per decimeter TAW.



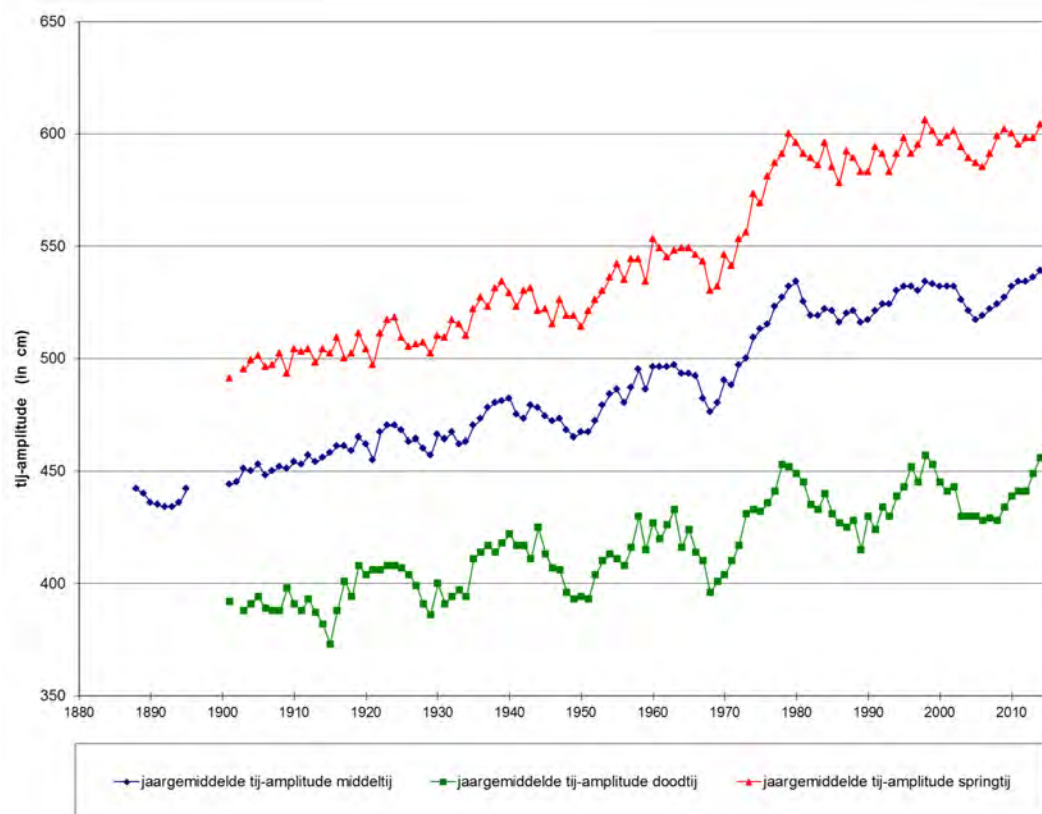
Figuur 5 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van tijverschillen in 2015 verdeeld per decimeter TAW.



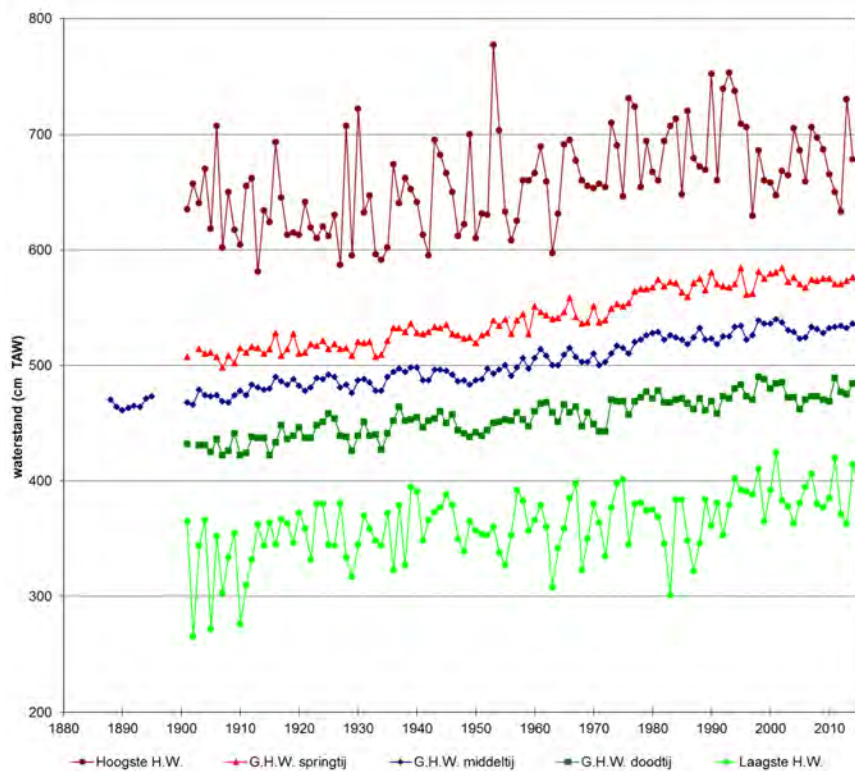
Figuur 6 -Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddelden van hoogwater.
Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm (uiteraard werden in het verleden ook peilschaalopmetingen gedaan, maar deze zijn hier niet weergegeven).



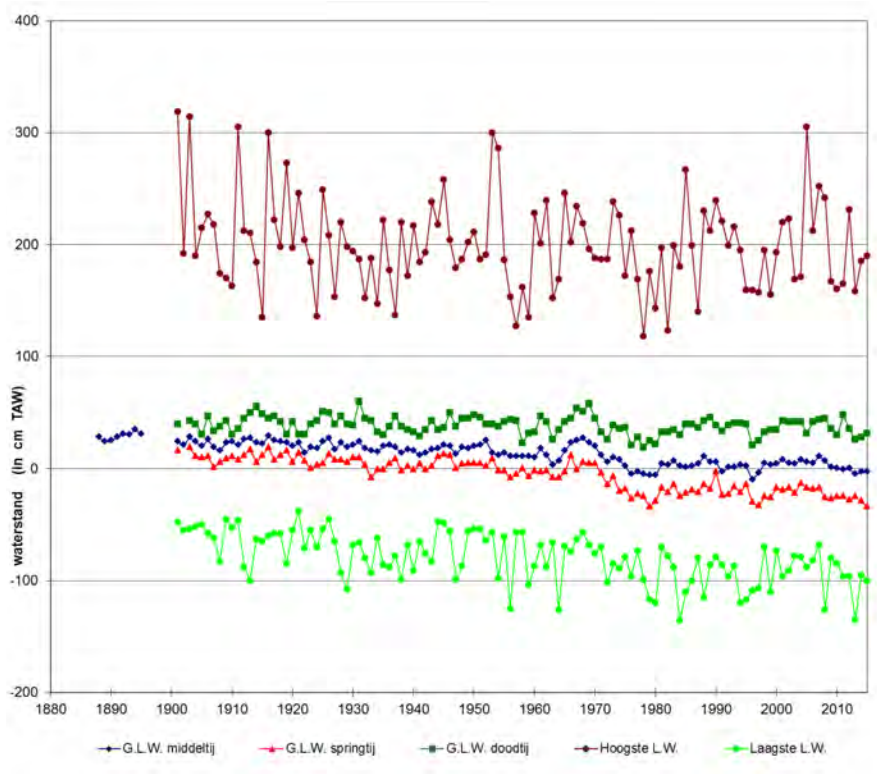
Figuur 7 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddelden van laagwater. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm.



Figuur 8 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van tijverschillen.



Figuur 9 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend.



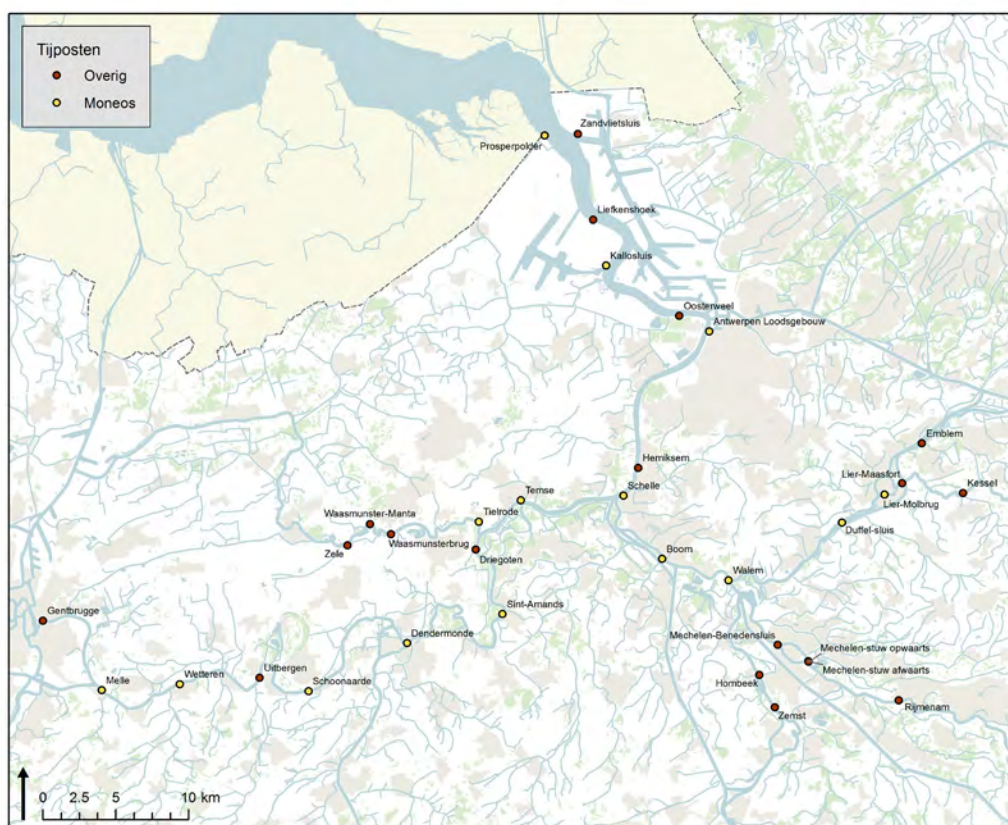
Figuur 10 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2015) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend.

2.2. Getijwaarnemingen op overige tijmeetposten

In § 2.1 is de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw besproken. Hoewel kennis van het tijverloop te Antwerpen al veel informatie biedt over andere meetlocaties, zijn in dit deel enkele andere strategisch gekozen meetlocaties behandeld.

Anders dan bij de afwaartse posten zoals Antwerpen kunnen de grote bovendebieten en wasregimes een grote invloed hebben op de meer opwaartse posten.

Figuur 11 toont de meetlocaties waar door het WL waterstanden monitort in het getijbeïnvloede gedeelte van het Scheldebekken.



Figuur 11 - Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium te 2015, waarin de MONEOS posten apart uitgelicht worden.

Tabel 2 geeft de hoofdkenmerkende tijwaarden van 2015 voor de belangrijkste meetlocaties in het Zeescheldebekken die ten nutte van Moneos zijn.

Hieronder volgt de rapportage van de metingen voor 2015. Voor de Moneos-T parameters van 2008 t.e.m. 2015 wordt verwezen naar Bijlage: MONEOS-T parameters, § 1.C.1

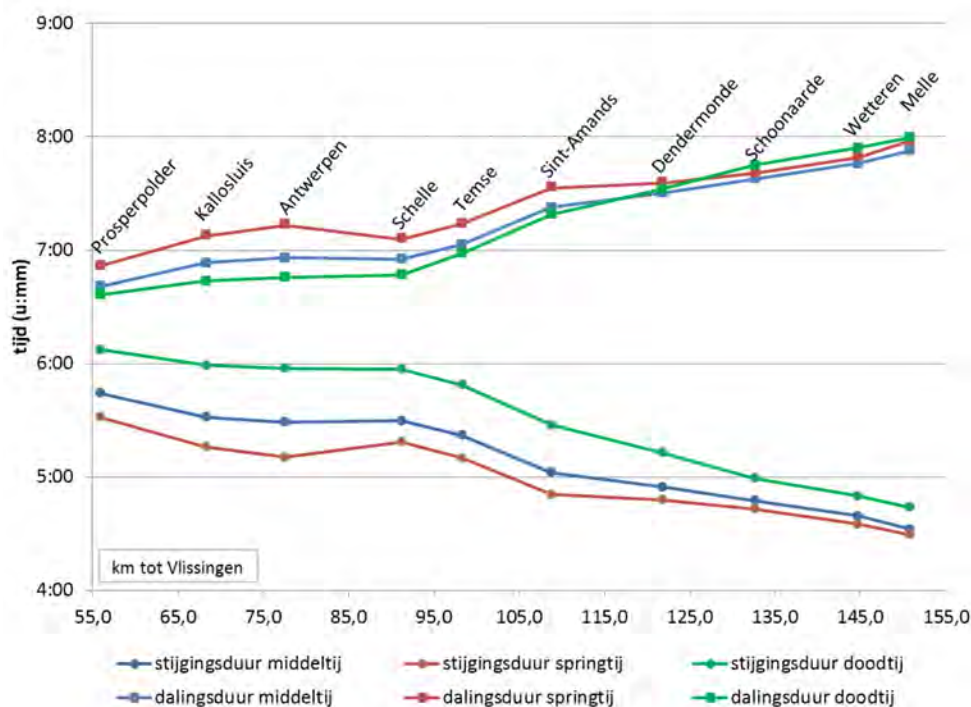
Door het verhogen van laag- én hoogwaterstanden op de meest opwaartse locaties bij periodes van grote bovendebieten, kan het voorkomen dat de laagwaters dan gedurende enkele tijen hoger uitkomen dan de jaargemiddelde hoogwaterstanden. Dit was voor de getoonde posten in 2015 niet het geval wegens de afwezigheid van een uitgesproken was. Wel is het bij Wetteren en Melle zo dat het hoogste laagwater groter is dan het laagste hoogwater. De invloed van een langdurig en groot wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken nog groot: men krijgt hierdoor een verhoging van laagwaterstanden, maar ook van hoogwaterstanden (hoewel kleiner). Hierdoor wordt het tijverschil tijdelijk beperkt.

Tabel 2 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijdwaarden voor het jaar 2015, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.

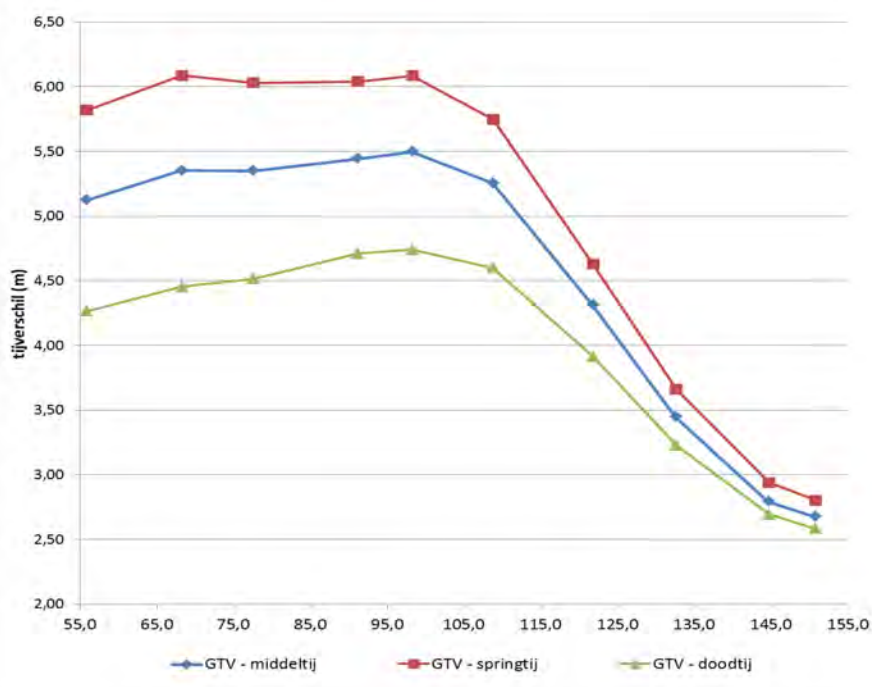
2015			Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen- Loodsgebouw	Schelle	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle
afstand tot Vlissingen (km)			55,9	68,3	77,6	91,2	98,3	108,8	121,8	132,6	144,7	150,8
Middeltij		GHW	5,17	5,32	5,32	5,46	5,57	5,60	5,33	5,13	4,89	4,99
		GLW	0,04	-0,04	-0,03	0,04	0,07	0,34	1,02	1,68	2,09	2,32
		GTV	5,13	5,35	5,35	5,42	5,50	5,26	4,31	3,45	2,79	2,68
		duur van stijging	5:44	5:31	5:29	5:29	5:22	5:02	4:54	4:47	4:39	4:32
		duur van daling	6:40	6:53	6:56	6:54	7:03	7:22	7:30	7:37	7:45	7:52
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	-0:20	-0:14	0:00	0:38	0:48	1:04	1:40	2:15	2:57	3:23
		LW	-0:35	-0:17	0:00	0:37	0:55	1:31	2:14	2:57	3:47	4:19
springtij		GHW	5,55	5,73	5,69	5,80	5,92	5,94	5,60	5,35	5,05	5,14
		GLW	-0,27	-0,35	-0,34	-0,23	-0,16	0,19	0,97	1,69	2,11	2,34
		GTV	5,82	6,09	6,03	6,03	6,09	5,75	4,63	3,66	2,94	2,80
		duur van stijging	5:31	5:15	5:10	5:17	5:10	4:50	4:47	4:43	4:35	4:29
		duur van daling	6:51	7:07	7:13	7:06	7:14	7:32	7:35	7:40	7:49	7:57
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	-0:16	-0:13	0:00	0:44	0:55	1:12	1:50	2:26	3:07	3:35
		LW	-0:37	-0:18	0:00	0:38	0:56	1:32	2:12	2:53	3:43	4:19
doodtij		GHW	4,66	4,78	4,84	5,00	5,09	5,12	4,97	4,86	4,72	4,84
		GLW	0,40	0,33	0,32	0,35	0,35	0,52	1,05	1,63	2,02	2,25
		GTV	4,26	4,45	4,51	4,65	4,74	4,60	3,91	3,23	2,69	2,58
		duur van stijging	6:07	5:59	5:57	5:55	5:48	5:27	5:12	4:59	4:49	4:44
		duur van daling	6:36	6:43	6:45	6:51	6:58	7:18	7:32	7:45	7:54	7:59
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	-0:22	-0:14	0:00	0:31	0:41	0:56	1:29	2:03	2:44	3:08
		LW	-0:31	-0:16	0:00	0:37	0:54	1:30	2:16	3:03	3:52	4:22
uiterste waarden		HHW	6,57	6,74	6,76	6,80	6,89	6,88	6,43	6,38	6,29	6,34
		LHW	3,76	3,88	3,96	4,14	4,22	4,29	4,05	3,77	3,42	3,44
	99e percentiel	HW	5,94	6,12	6,13	6,20	6,31	6,32	6,10	6,04	6,00	6,05
		HLW	1,91	1,90	1,90	1,89	1,84	1,86	2,60	3,48	4,56	5,33
		LLW	-0,94	-1,04	-1,00	-0,98	-0,86	-0,46	0,26	0,94	1,25	1,38
	1e percentiel	LW	-0,64	-0,71	-0,71	-0,57	-0,49	-0,12	0,59	1,21	1,52	1,64

Figuur 12 en Figuur 13 geven enkele waarden uit Tabel 2 grafisch weer. Uit Figuur 12 blijkt zeer duidelijk dat, hoe meer opwaarts, hoe korter de duur van stijging (van LW naar HW) en hoe langer de duur van daling (van HW naar LW). Hoe meer opwaarts, hoe asymmetrischer de tijkromme. De springtij-doodtij cyclus heeft weinig invloed op de stijgingsduur, maar is wel duidelijk observeerbaar voor de dalingsduur.

Figuur 13 toont aan dat het tijverschil toeneemt van Prosperpolder tot Temse en pas dan gestaag afneemt en dat de invloed van het tij kleiner en kleiner wordt naarmate men zich meer opwaarts begeeft. Dit beeld is duidelijker voor doottij dan voor springtij. De variatie van dood- en springtij wordt kleiner stroomopwaarts.



Figuur 12 - Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2015 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vliissingen.



Figuur 13 - Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2015 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vliissingen.

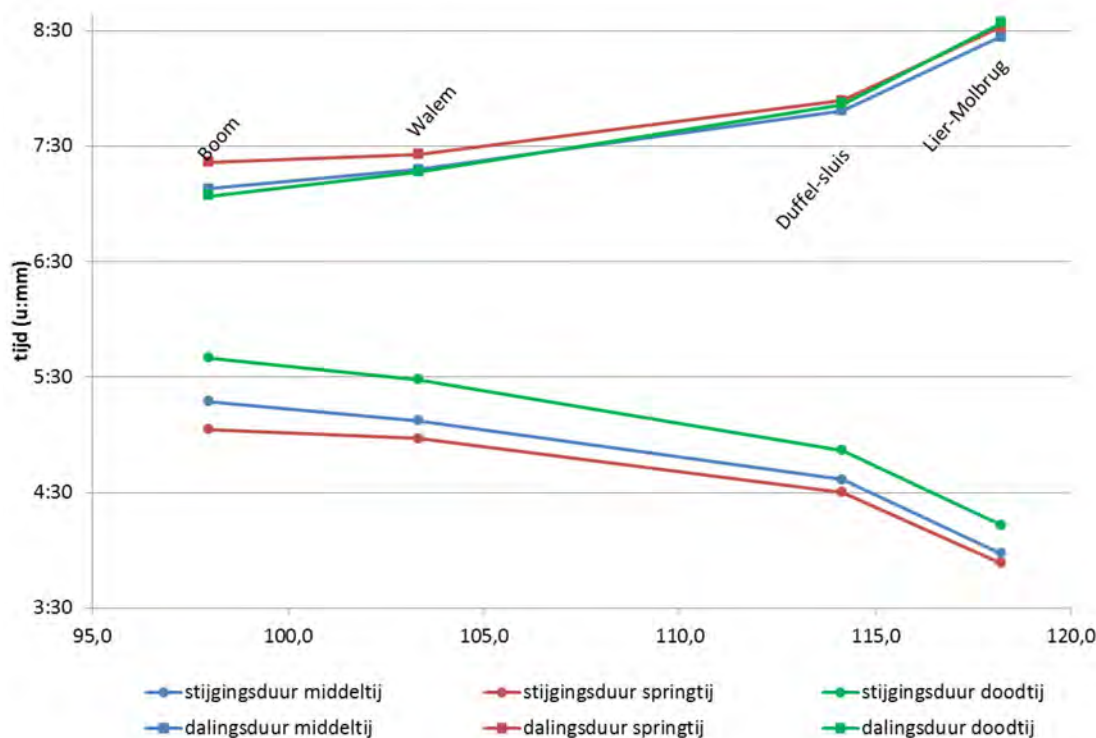
Voor de aan het tij onderhevige zijrivieren is de keuze beperkt tot Boom en Walem voor de Rupel, Duffel Sluis en Lier-Molbrug voor het Netebekken en Tielrode voor de Durme. De belangrijkste tijwaarden staan in Tabel 3.

Tabel 3 - Rupel, Beneden-Nete en Durme:
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2015.

2015			Tielrode	Boom	Walem	Duffelsluis	Lier-Molbrug
afstand tot Vlissingen (km)			103,1	98,0	103,3	114,2	118,2
middeltij		GHW	5,65	5,55	5,60	5,61	5,42
		GLW	0,11	0,13	0,38	1,24	2,56
		GTV	5,54	5,42	5,22	4,37	2,86
		duur van stijging	5:12	5:17	5:07	4:36	3:58
		duur van daling	7:12	7:07	7:17	7:48	8:26
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	0:53	0:51	1:03	1:28	1:47
		LW	1:09	1:03	1:24	2:20	3:18
springtij		GHW	6,00	5,81	5,90	5,89	5,65
		GLW	-0,12	-0,14	0,24	1,24	2,58
		GTV	6,12	5,95	5,66	4,65	3,08
		duur van stijging	4:59	5:02	4:58	4:30	3:53
		duur van daling	7:24	7:21	7:25	7:53	8:31
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	0:59	0:58	1:13	1:39	1:59
		LW	1:11	1:04	1:25	2:19	3:18
doodtij		GHW	5,14	5,07	5,16	5,20	5,08
		GLW	0,37	0,37	0,53	1,20	2,50
		GTV	4,78	4,70	4,63	4,00	2,59
		duur van stijging	5:41	5:39	5:28	4:51	4:13
		duur van daling	7:06	7:04	7:16	7:51	8:33
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	0:46	0:43	0:52	1:15	1:33
		LW	1:07	1:02	1:22	2:21	3:21
uiterste waarden		HHW	6,96	6,48	6,89	6,76	6,61
		LHW	4,29	4,27	4,32	4,37	4,25
	99e percentiel	HW	6,40	6,28	6,37	6,35	6,19
		HLW	1,81	1,88	1,99	2,84	4,11
		LLW	-0,82	-0,52	-0,43	0,66	1,96
	1e percentiel	LW	-0,46	-0,37	-0,08	0,82	2,07

In Melle ligt de hoogst geregistreeerde laagwaterstand boven het gemiddelde hoogwater. Hoewel de meetpost Lier-Molbrug net zoals Melle aan de rand ligt van het tijgebied, is dit hier niet het geval in 2015.

Figuur 14 en Figuur 15 tonen respectievelijk de stijgings- en dalingsduur en het gemiddeld tijverschil van Boom t.e.m. Lier-Molbrug, dus op de Rupel en Beneden Nete. Het valt op dat hoe dichter bij de Zeeschelde, hoe korter de dalingsduur en hoe langer de stijgingsduur. Het tijverschil is eveneens het grootst voor de meest afwaartse post (Boom). Het is ook duidelijk dat de verschillen tussen middeltij, springtij en doottij kleiner worden naarmate men zich meer opwaarts van de zijrivieren van de Schelde begeeft. In Duffel Sluis en Lier-Molbrug is bijvoorbeeld de dalingsduur quasi gelijk voor middeltij, springtij en doottij.



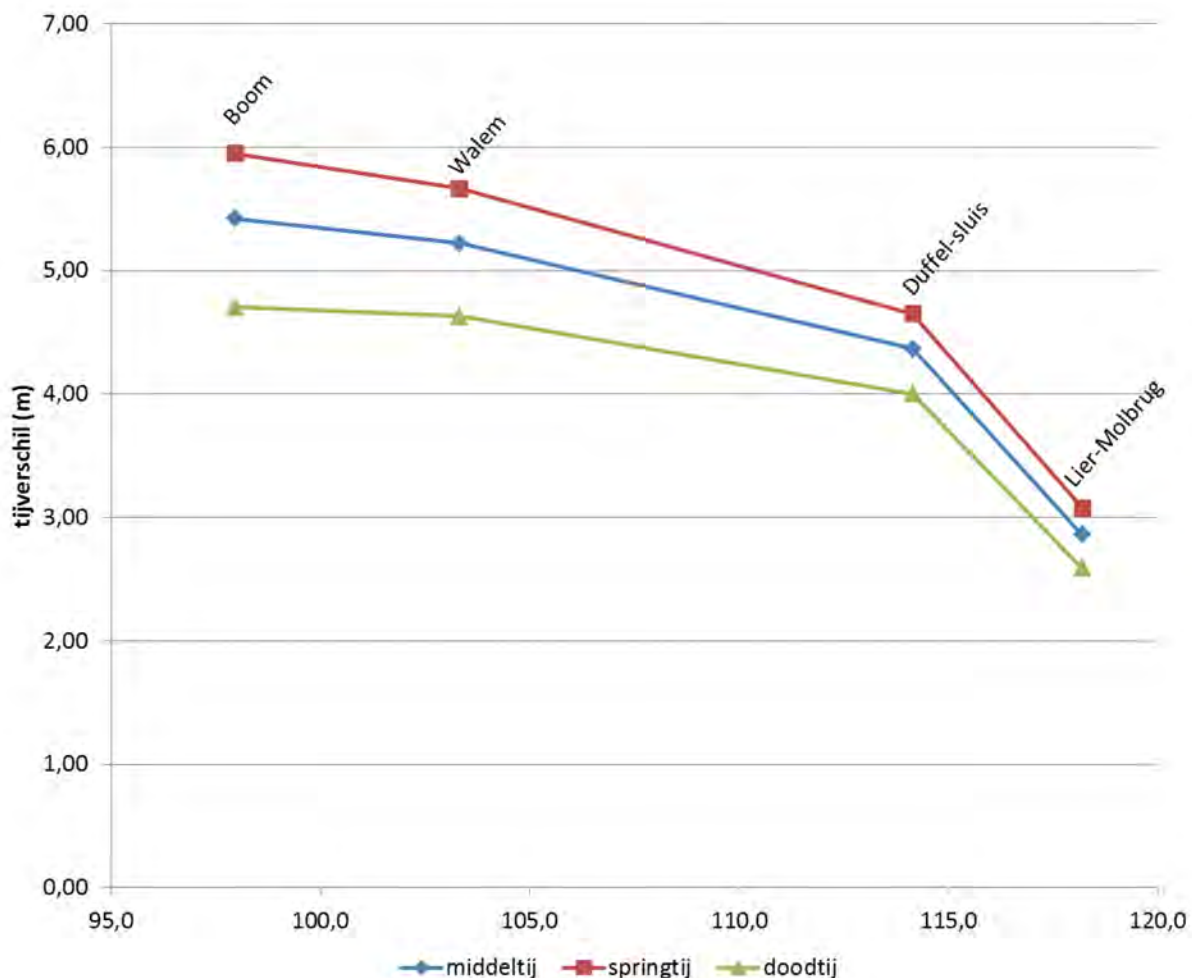
Figuur 14 - Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2015 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug).

2.3. Stormvloeden

Met de term Stormvloeden in het Zeescheldebekken bedoelt men een hoogwatergolf die de Schelde binnendringt en voortplant, met een hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan 6,6 mTAW.

Men spreekt van stormtij (ook wel stormvloed) wanneer een hoogwater meer dan 6,6 mTAW en lager dan 7 mTAW bedraagt. Vanaf een hoogwater hoger dan 7 mTAW spreekt men van een gevaarlijk stormtij (ook wel buitengewone stormvloed).

Stormvloeden kennen hun oorsprong meestal door de combinatie van een springtij en een extra opstuwing van water door noordwestenwinden. Actief lagedrukgebieden kunnen aanleiding geven tot harde / stormachtige noordwestenwinden. Gezien de oriëntatie van het Schelde estuarium duwen noordwestenwinden extra zeewater het estuarium binnen.

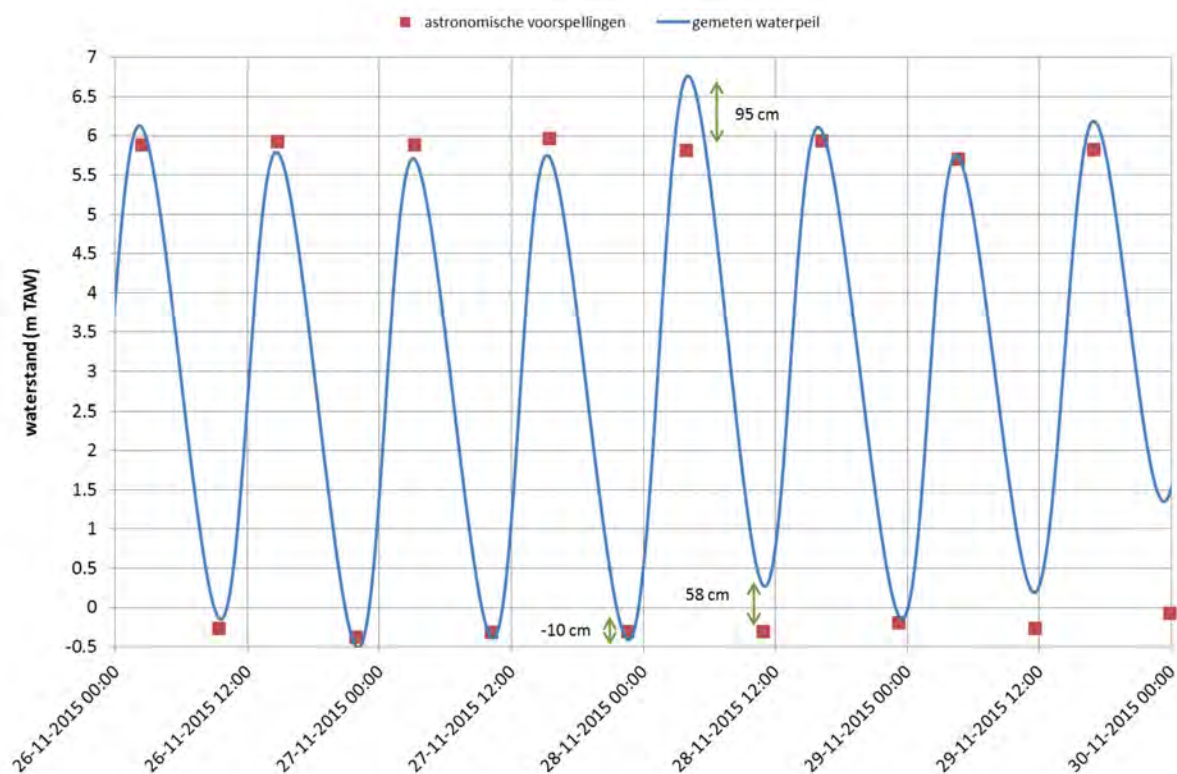


Figuur 15 - Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2015 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug).

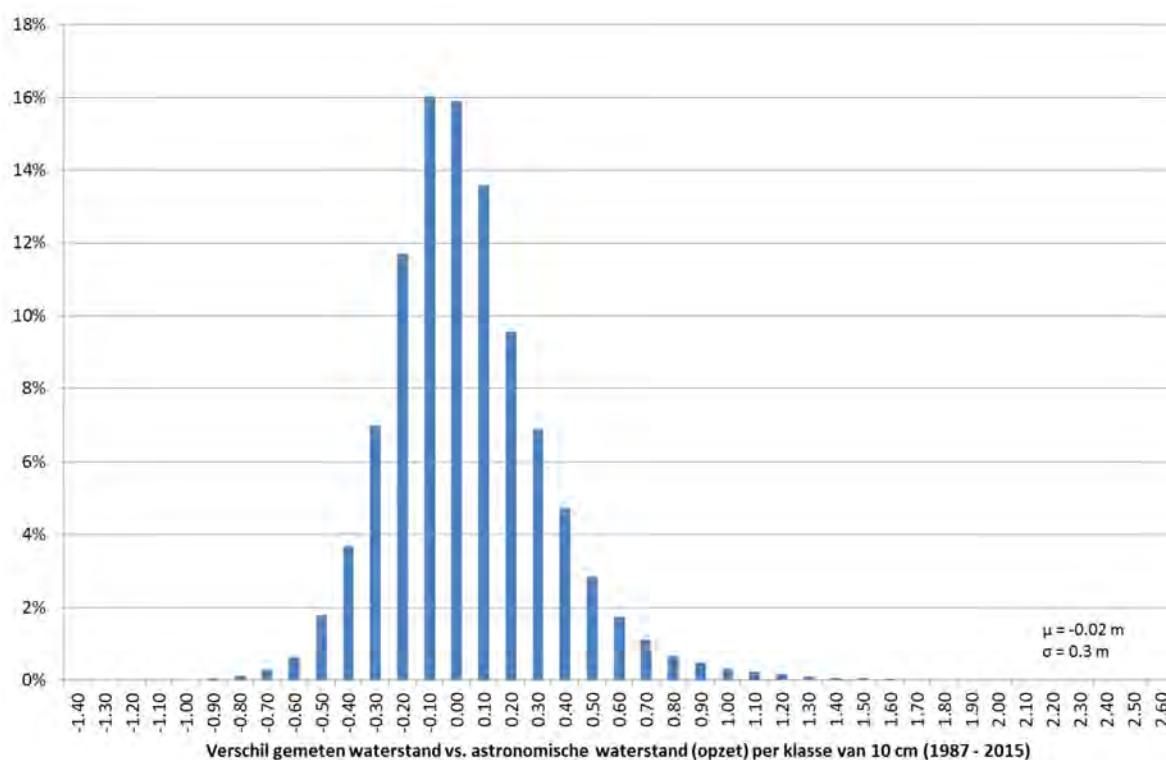
In 2015 deed zich één stormvloed voor op 28 november. Om 05:01 lokale tijd (MET) werd in Antwerpen toen een waterpeil van 6,76 m TAW gemeten. De stormvloed houdt verband met de meteorologische omstandigheden tussen 28 en 30 november 2015. Voor een uitvoerig verslag van deze storm in het Scheldebekken wordt verwezen naar het desbetreffende stormrapport (Boeckx *et al.*, 2016). Het grote drukverschil waargenomen tussen het hogedrukgebied boven ZW-Europa en een complex lagedrukgebied in N-Europa, resulteerde in een stormachtige wind. In de nacht van vrijdag op zaterdag zorgde de plotse ruiming naar NW voor een verhoogde opzet. Bovendien bevonden we ons net aan een springtijperiode. De combinatie van springtij met de atmosferische situatie zorgde voor een verhoogd waterpeil van 6,76 m TAW.

Figuur 16 toont de gemeten waterstand en de astronomische voorspellingen van 26 t.e.m. 30 november 2015 te Antwerpen. Tijdens het stormtij bedroeg het verschil tussen het astronomisch voorspelde tij en het opgetreden tij, 95 cm. Dit verschil wordt de opzet genoemd. Het water werd dus door de aanhoudende wind 95 cm opgestuwd. Voor de volledigheid wordt in Figuur 17 een frequentietabel getoond waarin de opzet van alle tijen van het jaar 1987 tot 2015 wordt getoond. Hieruit blijkt dat een opzet van 95 cm, zoals weergegeven in Figuur 16, eerder uitzonderlijk is.

Tabel 4 toont uiteindelijk alle hoogwaterstanden sinds 1972 te Antwerpen, hoger dan 6,5 mTAW. Figuur 18 toont de stormtijgen gemeten te Antwerpen in relatie tot de opzet. Uit deze tabel en grafiek kan men afleiden dat het stormtij dat zich in 2015 voordeed niet uitzonderlijk was.

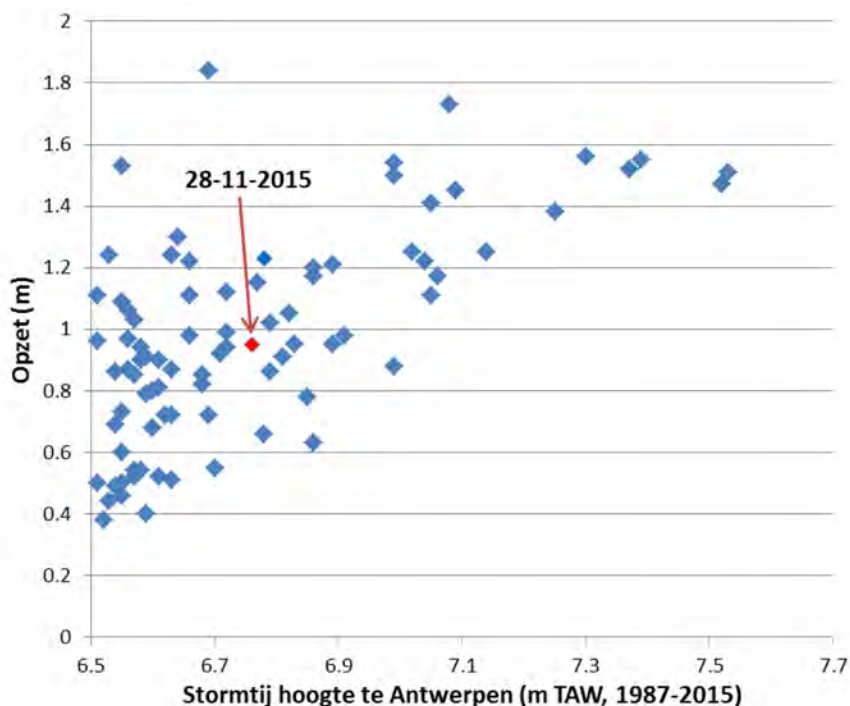


Figuur 16 - Stormvloed op 28 november 2015 - waterstand te Antwerpen van 26-30 november 2015 (UTC).



Figuur 17 - Frequentietabel van opzet te Antwerpen berekend a.d.h.v. het verschil tussen gemeten hoog- en laagwaters en astronomische voorspelde hoog- en laagwaters te Antwerpen in de periode 1987-2015.

Definitieve versie
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



Figuur 18 - Hoogte van stormtijden in relatie tot de opzet voor de periode 1987-2015.

2.4. Speciale tijen

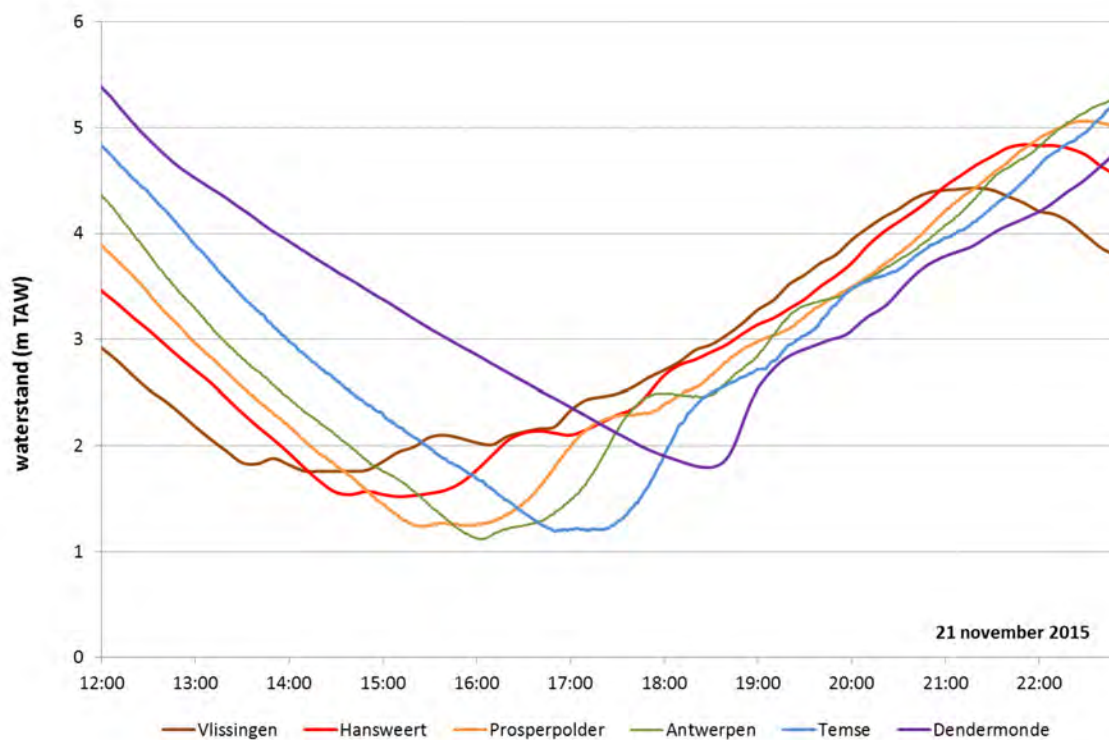
In het jaar 2015 kwam er één speciaal getij voor. Onder een speciaal tij verstaan we hier een tijverloop dat sterk afwijkt van een normale quasi sinusoïdale tijbeweging en waarbij er meerdere minima en/of maxima kunnen. De oorzaak ligt vaak in een plotse drukdaling en/of in een snel draaiend windveld. De wateropzet / -afwaaiing is namelijk kwadratisch afhankelijk van de windsnelheid. Deze fenomenen doen zich reeds voor op de Noordzee en worden enkel versterkt of verzwakt door lokale windvelden in het Schelde-estuarium.

2.4.1. Speciaal tij 21 november 2015

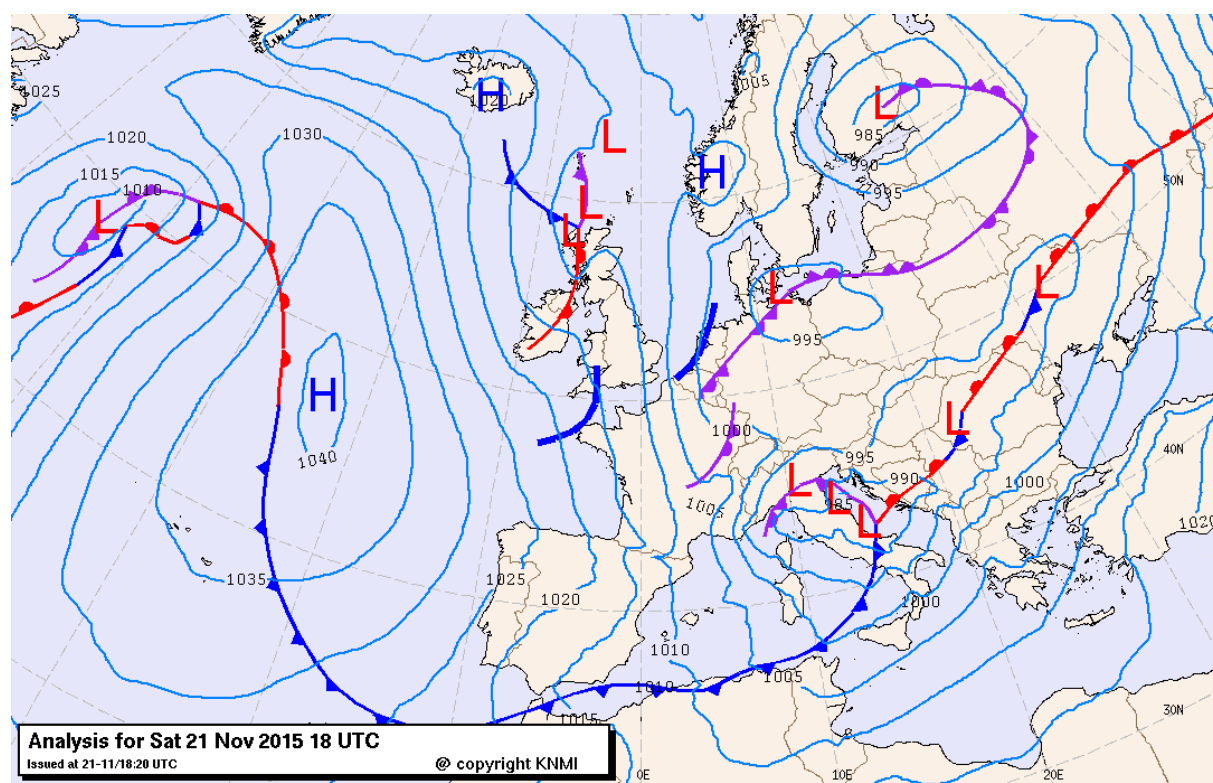
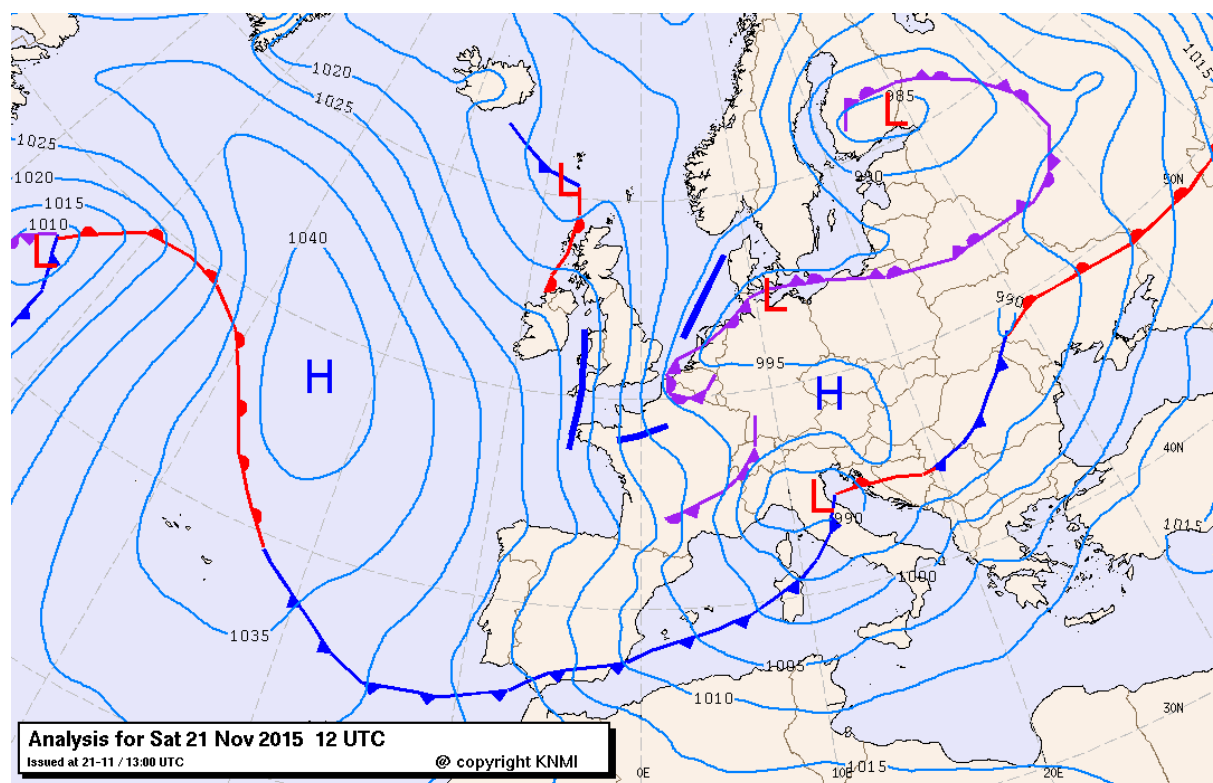
Op 21 november 2015 werd een dubbel laagwater waargenomen (ook wel agger genoemd). Reeds in Vlissingen werden bij eb twee minima waargenomen. Meer stroomopwaarts in het Schelde estuarium veranderde de vorm van de getijkromme en werd de knik scherper. Mogelijke oorzaken van deze verscherping zijn de geometrie van het estuarium en lokale windvelden. De getijcurve kan afgelezen worden op Figuur 19. Dat de getijcurve initieel geperturbeerd was in Vlissingen geeft aan dat het dubbel laagwater afkomstig is vanuit de Noordzee. Figuur 20 geeft de weersituatie weer op 21 november, om 12u UTC als 18u UTC. Dank aan Prof.Dr.Ir. David Dehenauw – Hoofd Maritieme Voorspellingen KMI, voor onderstaande uitleg:

Aanvankelijk was er een aflandige (ZO-) wind van 3-4 Bft die het water van de kust wegduwde. Een windsnelheid van 3-4 Bft veroorzaakt niet veel opzet/afwaaiing, waardoor er maar een bescheiden watermassa verplaatst werd. Vervolgens viel de wind, tijdelijk, quasi volledig weg (1 m/s uit variabele richting), waardoor het afgewaaiide water weer terugkeert naar de kust en een kleine verhoging op het laagwater veroorzaakt. Dit is in Figuur 19 waar te nemen als de eerste kleine bult/peik voor het eigenlijke LW.

Vervolgens werd het LW bereikt. Door de snelle toename van de windsnelheid en het plots ruimen naar het noorden werd er een veel belangrijkere watermassa naar de kust en het Schelde estuarium gestuwd dan bij de eerste piek. Dit vertaalde zich naar een tweede, grotere piek net na het LW. Deze plotse, belangrijke verhoging veroorzaakte een waterschommeling voor de kust die zich even handhaafde en uitdeinde, vooraleer de stijgende tak van de getijcurve weer normaal verloopt.



Figuur 19 - Speciaal tij op 21 november 2015. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Antwerpen, Temse en Dendermonde (tijd in UTC).



Figuur 20 - Weerkaarten van 21 november 2015: 12u & 18u UTC (www.knmi.nl, geraadpleegd op 26 april 2016).

3. Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken

3.1. Overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied

Sedert 1947 worden waarnemingen en metingen verricht om de bovenaanvoer uit de opwaarts het tijgebied gelegen hydrografische bekkens te bepalen. Bovendien worden de aan de randen van het tijgebied bepaalde bovenafvoeren naar afwaarts doorerekend, eerst naar de uitmonding van de betrokken tijrivier in een andere, daarna alle bovenafvoeren samen naar de Schelde te Schelle, om aldaar de bovenafvoer te bepalen van enerzijds de Zeeschelde opwaarts de Rupelmonding plus anderzijds de bovenafvoer van het aldaar uitmondende gehele Rupelbekken. Hun som levert de bovenaanvoer van de Beneden-Zeeschelde op.

Aan de randen van het tijgebied wordt het getij tegengehouden door sluizen en stuwen zoals op de Boven-Zeeschelde te Gentbrugge, en vanaf 1969 op de Tijarm-Ringvaart om Gent te Merelbeke en te Zwijnaarde, en op de Dender te Dendermonde en vanaf 1978 (via de "nieuwe" Dender doorheen de Sint-Onolfspolder) te Appels.

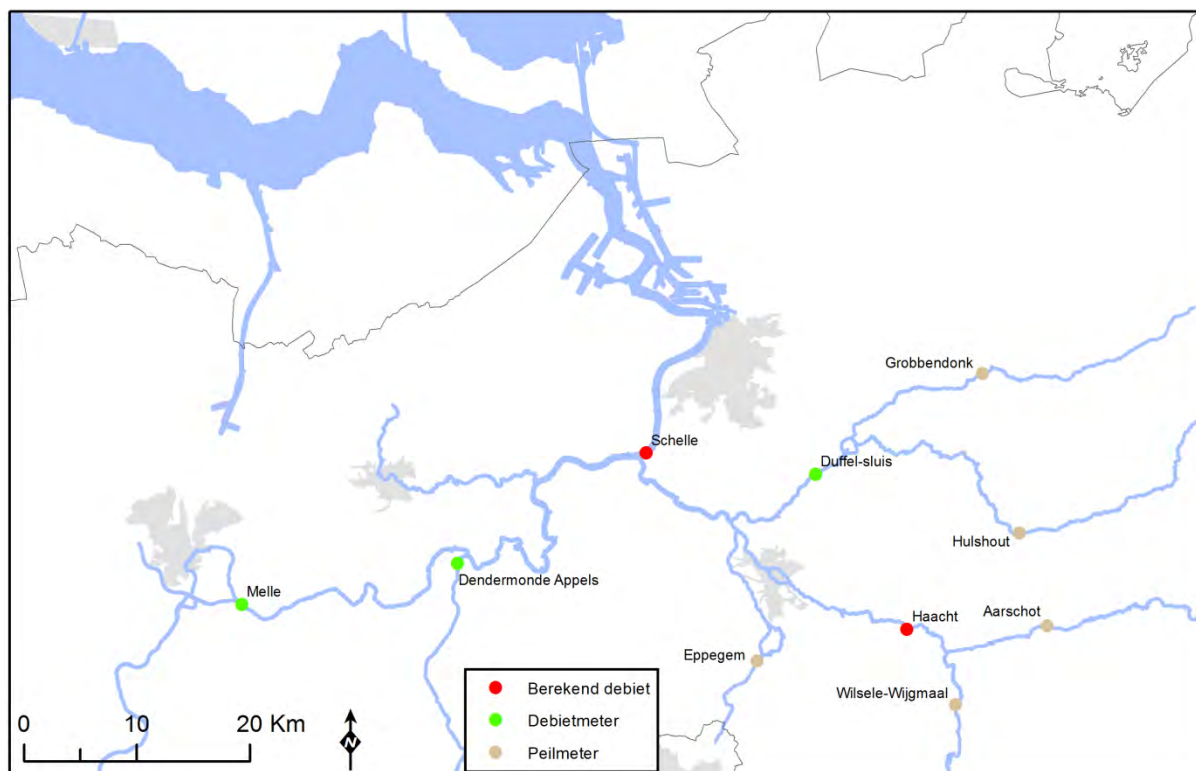
In tegenstelling tot de Boven-Schelde en Dender, deint het getij op de andere rivieren van het Zeescheldebekken uit. In eerste instantie stroomt het water nog in twee richtingen: zo is de Rupel nog volledig aan eb en vloed onderhevig. Maar het water stroomt ook nog landinwaarts in de Kleine en Grote Nete alsook in de Zenne en de Dijle. Zo stoot de vloedstroom in de Grote Nete door tot ergens tussen Kessel en Itegem, terwijl deze op de Kleine Nete nog meetbaar is tussen Emblem en Grobbendonk (afwaarts het Albertkanaal; de meetlocatie wordt Grobbendonk Derde Sas genoemd). Op de Dijle dringt het tij landinwaarts door tot ergens tussen Rijmenam en Haacht, terwijl op de Zenne de vloedstroom tot ergens tussen Zemst en Eppegem doordringt. Ook op deze bijrivieren laat zich iets verder stroomopwaarts nog een schijntij voelen.

Het getij ontmoet daar in die mate de aanvoer van bovenwater uit het opwaarts gelegen hydrografische bekkens, én de rivierbedding verhoogt dusdanig dat "hoog"-waterstanden daar niet meer vanuit het getij kunnen bereikt worden, dat het semi-maritieme karakter overgaat in een zuiver fluviatiel karakter. Naar tijterminologie wordt ook van een "schijntij" gesproken, met name: er kan nog wel een "tijverschil" aanwezig zijn want op "tij-regelmatige" tijdstippen komen afwisselend "hoogwaters" en "laagwaters" voor, net zoals op de afwaarts ervan gelegen plaats waar nog wel écht getij heerst, doch met klein hoogteverschil, maar in de regel is er altijd eb, dus stroomt het water steeds naar afwaarts. De term "eb" verliest dan ook zijn betekenis. De locaties waar de debieten bepaald worden (dd. 2016) zijn weergegeven in Tabel 5 en Figuur 21.

Er wordt geen bovendebiet gemeten voor de Durme. Het Durmebekken, voor zover de afwatering geschiedt naar de tij-Durme, wordt wel als een zijbekken in rekening gebracht bij de doorrekening van de bovenafvoeren naar de "Schelde te Schelle".

Tabel 5 - Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer.

Code	Station	Waterloop	Gemeten parameter	Getij	Opmerking
bnt03a	Duffelsluis	Beneden-Nete	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADCP, Q/Q relatie wordt toegepast
dij12a	Haacht	Dijle	H	Schijntij	Daggemiddeld debiet wordt bepaald ahv de debieten te Aarschot en Wilsele Wijgmaal
zen03a	Eppegem	Zenne	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv Q/H verband
den01a	Dendermonde (Appels)	Dender	Q	Schijntij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
zes57a	Melle	Boven-Zeeschelde	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast



Figuur 21 - Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebed, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend

3.2. Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebed naar afwaarts

3.2.1. Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis

In de Moneos-rapporten van 2008, 2009 en 2010 werd beroep gedaan op de klassieke methode ir. R. Codde (1949). Hierbij werd een tiendaags gemiddeld bovendebiet bepaald en werden ook de afvoeren van het tussengebied, met name de gebieden langs de Beneden-Nete, de Rupel, de Schelde tussen Melle en Schelle, en de Durme, op tiendaagse basis in rekening gebracht. Zo komt men aan de zoetwaterafvoer van het Zeescheldebekken.

Sinds het Moneos-rapport van 2008 wordt ook gewerkt met pentade-gemiddelde bovendebieten (methode ir. E. Taverniers). Zodoende kunnen betere verbanden gelegd worden tussen enerzijds de aanvoer van zoetwater naar de Beneden-Zeeschelde en anderzijds de variaties in saliniteit en turbiditeit in het Scheldewater. De berekeningsmethodes staan beschreven in Vanlierde et al. (2014).

Tabel 6 toont de pentade-gemiddelde bovenafvoer van de Schelde te Schelle. Per maand zijn de opeenvolgende pentades met Romeinse cijfers aangeduid. Het jaargemiddelde van al deze 72 pentade-waarden is 96 m³/s.

Figuur 22 geeft onderstaande tabel in grafiekvorm weer, opgedeeld in bijdrage van de Rupel en de Boven-Zeeschelde. Hier is zichtbaar dat het grootste vijfdaagse gemiddelde zich voordeed in de derde pentade van januari 2015 (pentadegemiddelde is 346 m³/s).

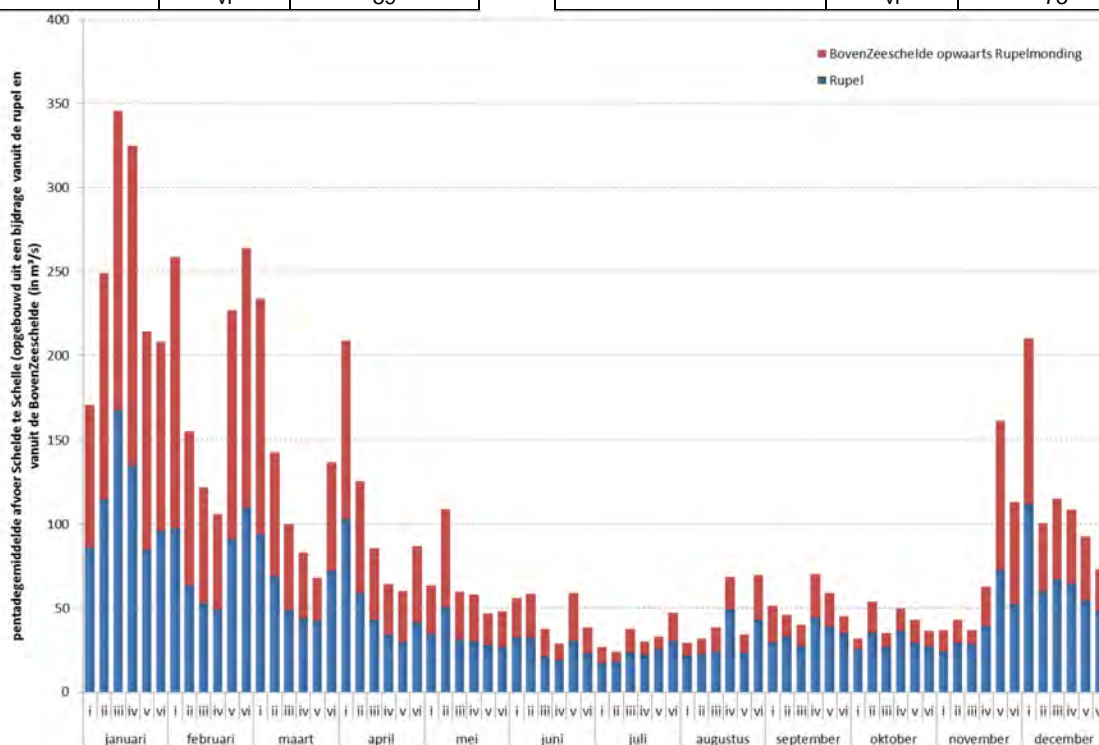
Ook zichtbaar is de verhoogde afvoer in het begin van het jaar die tot begin april zichtbaar is (zie Figuur 22).

Daarna blijft de afvoer beperkt tot midden november, wanneer de afvoer opnieuw toeneemt.

Het kleinste vijfdaagse gemiddelde deed zich voor in de tweede pentade van juli 2015: gemiddeld slechts 24 m³/s. In juni was de gemiddelde maandelijkse afvoer ook het kleinst: 33 m³/s.

Tabel 6 - Pentade-gemiddelde bovenafvoer Schelde te Schelle (m³/s)

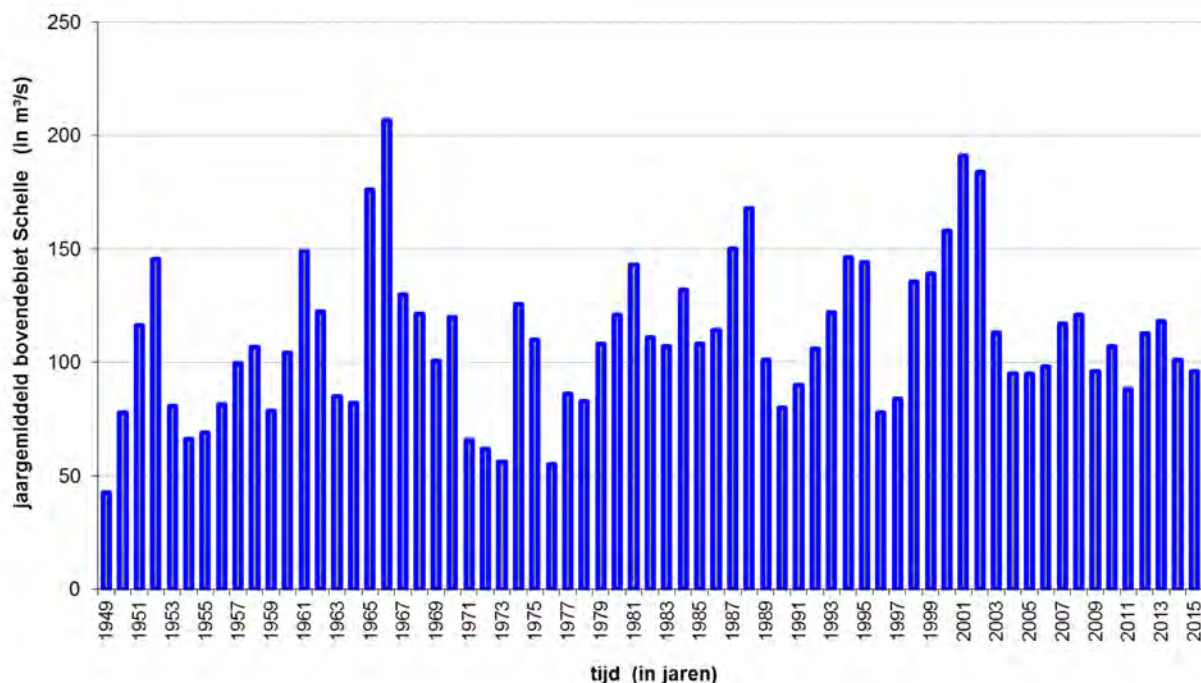
maand	pentade	Q (m³/s)	Maand	pentade	Q (m³/s)
Januari 2015	i	171	Juli 2015	i	27
	ii	249		ii	24
	iii	346		iii	38
	iv	325		iv	30
	v	215		v	33
	vi	208		vi	47
Februari 2015	i	259	Augustus 2015	i	29
	ii	155		ii	32
	iii	122		iii	38
	iv	106		iv	68
	v	227		v	35
	vi	264		vi	70
Maart 2015	i	234	September 2015	i	52
	ii	143		ii	46
	iii	100		iii	40
	iv	83		iv	70
	v	68		v	59
	vi	137		vi	45
April 2015	i	209	Oktober 2015	i	32
	ii	126		ii	54
	iii	86		iii	35
	iv	64		iv	50
	v	60		v	43
	vi	87		vi	37
Mei 2015	i	64	November 2015	i	37
	ii	109		ii	43
	iii	60		iii	37
	iv	58		iv	63
	v	47		v	161
	vi	48		vi	113
Juni 2015	i	56	December 2015	i	210
	ii	59		ii	101
	iii	38		iii	115
	iv	29		iv	108
	v	59		v	93
	vi	39		vi	73



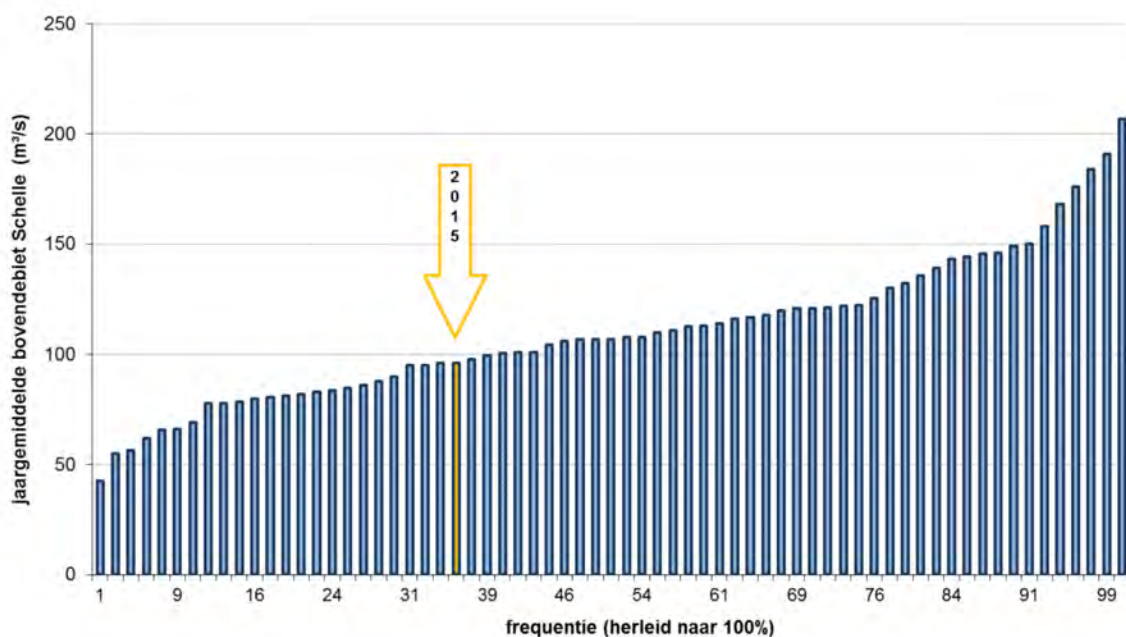
Figuur 22 - Zeescheldebekken: Pentadegemiddelde waarden voor de afvoer van "de Schelde te Schelle", opgedeeld in de bielen aangeleverd door de Rupel (blauw) en door de Boven-Zeeschelde (rood) voor 2015

3.2.2. Bovendebieten 2015 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

Figuur 23 en Figuur 24 geven de jaargemiddelde afvoer van de Schelde te Schelle weer, respectievelijk naar jaar en naar frequentieverdeling. De gemiddelde afvoer te Schelle bedroeg in het jaar 2015 'slechts' 96 m³/s, zo'n 65 % van de jaardebieten te Schelle is hoger dan dat van 2015. 2015 is dus een jaar met een vrij beperkte afvoer, die vooral in de zomermaanden vrij lage waarden vertoonde.



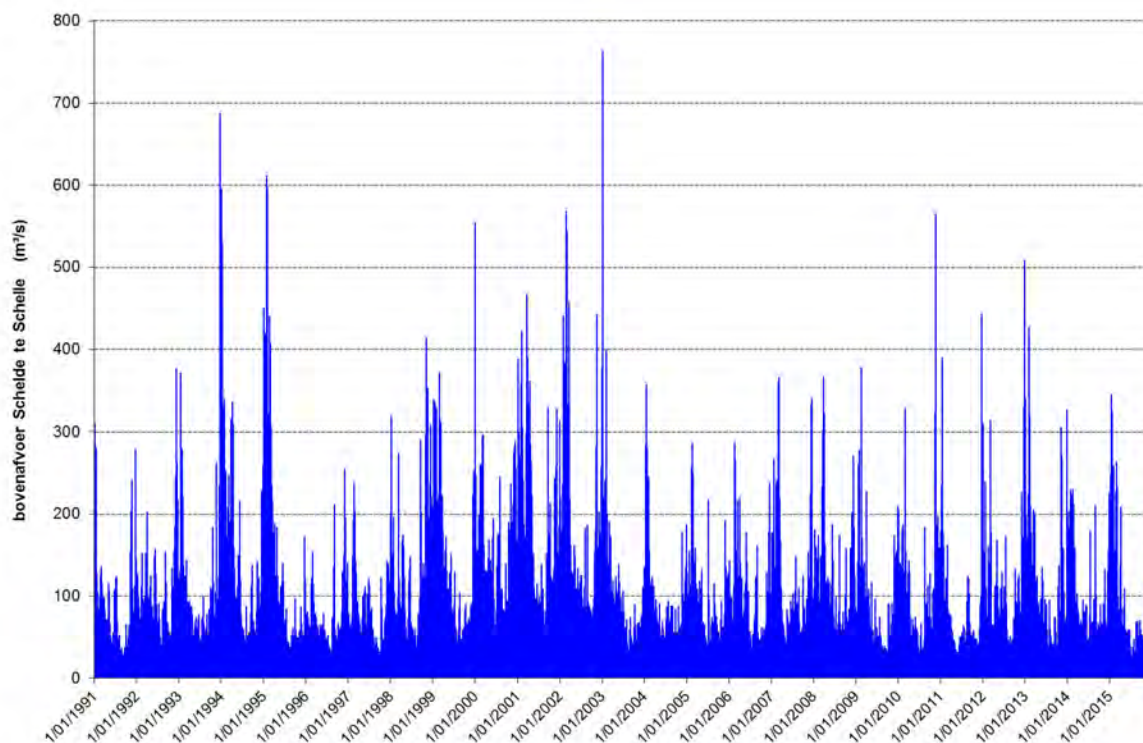
Figuur 23 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2015



Figuur 24 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2015 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte

Dat 2015 een jaar met beperkte afvoer is, blijkt ook uit het vergelijken van de 20 hoogste pentade gemiddelden van de periode 1991-2015 met de pentades geregistreerd in 2015 (de volledige reeks van pentades wordt gepresenteerd in Figuur 25; de 20 hoogste pentadewaardes staan getabelleerd in Tabel 7). Het hoogste pentadedebiet van 2015 bedroeg 346 m³/s, wat nog een pakje lager is dan de laagste waarde in Tabel 7

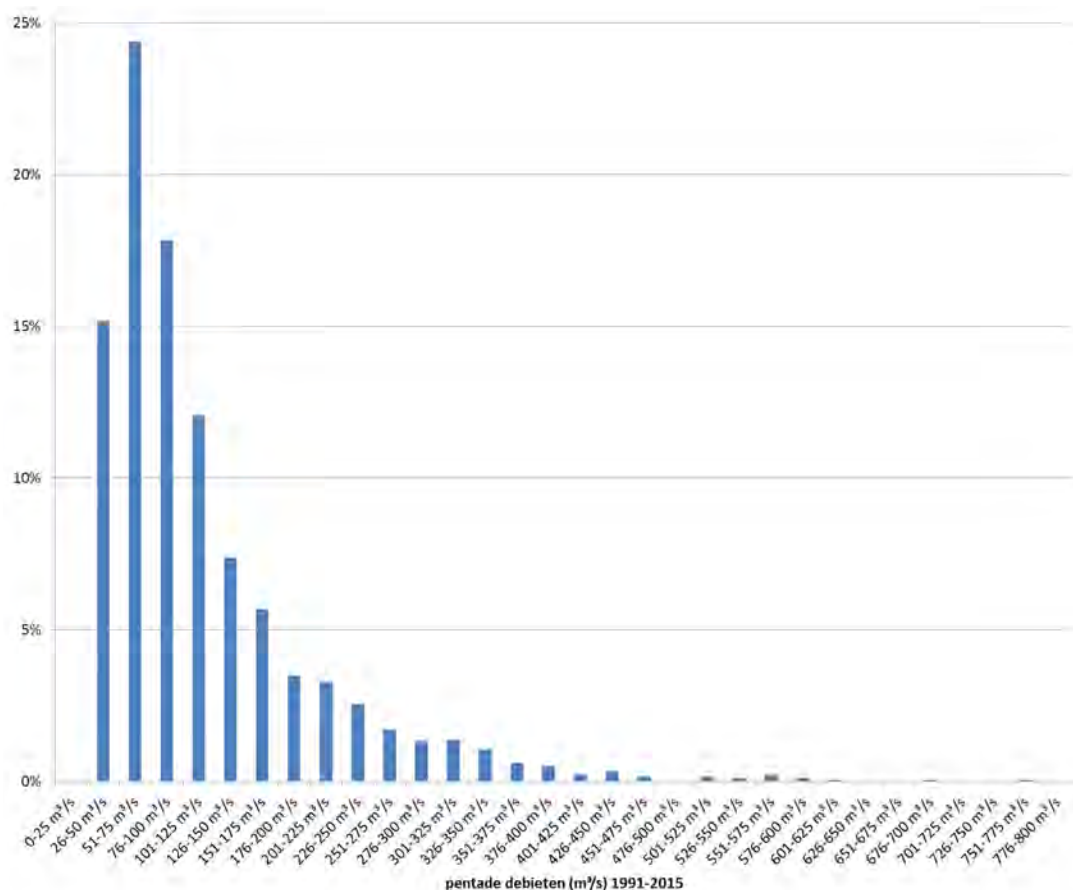
Het is evenwel een hogere waarde dan de hoogste pentade van 2014 (230m³/s) dat gemiddeld een hogere afvoer kende dan 2015). Dit blijkt ook uit de verdeling van de pentadedebieten zoals getoond in Figuur 26.



Figuur 25 - Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentadeberekening voor de periode 1991-2015

Tabel 7 - 20 hoogste pentadegemiddelde afvoeren geregistreerd sinds 1991 tot december 2015

rang	jaar	maand	pentadenr.	pentadegemiddeld debiet (m ³ /s)
1	2003	januari	i	764
2	1993	december	v	687
3	1995	januari	vi	612
4	1995	februari	i	598
5	1994	januari	i	596
6	2002	februari	vi	569
7	2010	november	iv	565
8	1993	december	vi	559
9	1999	december	vi	554
10	2002	maart	i	545
11	1994	januari	ii	530
12	2003	januari	ii	516
13	2002	februari	v	509
14	2012	december	vi	508
15	2001	maart	v	468
16	2002	maart	v	458
17	1995	januari	i	451
18	2011	december	iv	443
19	1993	december	iv	442
20	2002	november	iii	442



Figuur 26 - Pentadedebieten in de periode 1991- 2015 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m³/s

3.3. Overzicht bovendebieten aan de randen van het tijgebied

3.3.1. Globaal overzicht

Figuur 27 toont het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken over het jaar 2015. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebieten, enerzijds door invloed van de neerslag in een bepaald hydrografisch bekken, anderzijds door invloeden van waterverdeling van Bovenschelde en Leie, van indringing in de ondergrond, en van evapotranspiratie.

Zoals bekend brengen Bovenschelde en Leie meestal het meest van alle randlocaties bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Dit wordt duidelijk gemaakt door de debieten te Melle (die een groot gedeelte van deze debieten naar de Zeeschelde transporteren).

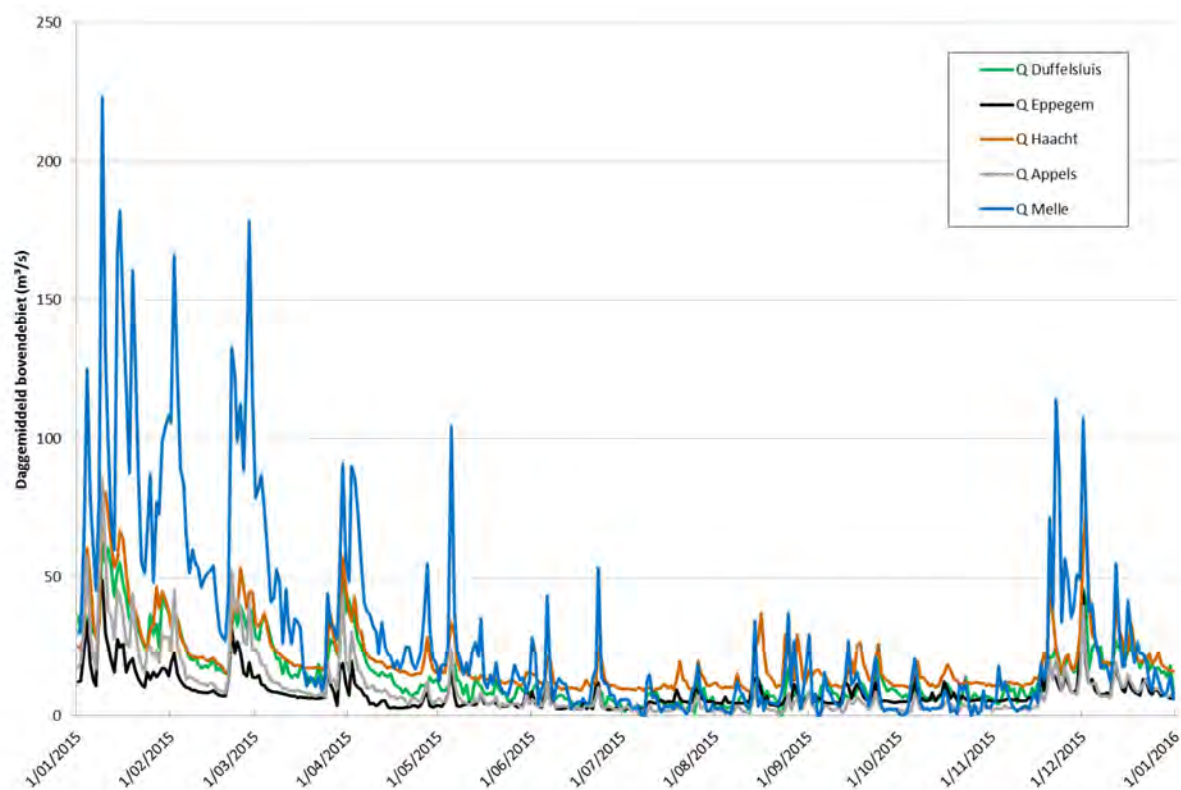
Enkel bij zeer kleine bovendebieten te Melle brengt de Dijle te Haacht meer bovendebiet naar het tijgebied. Dit was in 2015 echter van ongeveer juni tot november het geval, wat eerder uitzonderlijk is.

De Zenne brengt, zoals gewoonlijk, -door het jaar heen- van Schelde, Dender, Dijle, Zenne en Beneden-Nete, de kleinste afvoer aan.

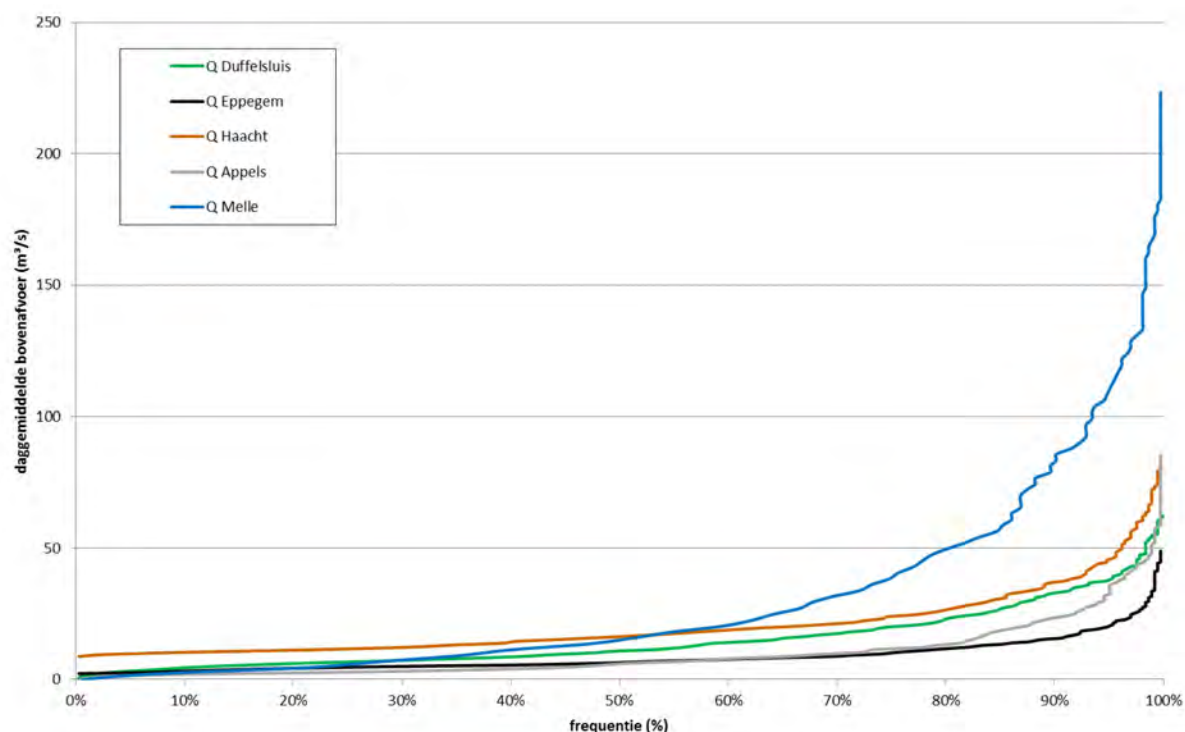
In 2015 zijn er enkele periodes met verhoogde debieten doorheen het jaar (begin van het jaar, begin februari, begin maart, eind november). Deze worden verder besproken in §3.3.2.

Naar opeenvolging van grootte van de daggemiddelde bovendebieten 2015 aan de meetlocaties aan de randen van het tijgebied, toont **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** de frequentie van voorkomen van een bepaald bovendebiet per meetlocatie. Deze grafiek toont dat er in 2014 te Appels (Dender), Eppegem (Zenne), en Duffelsluis (Netes) gedurende ongeveer 85% van de tijd, kleine en gemiddelde bovendebieten zijn geweest; slechts in ongeveer 10% van de tijd komen grote bovendebieten voor en in enkel 5% zeer grote bovendebieten.

De Dijle kent in 80% van de tijd een gelijkaardige afvoer als het Netebekken te Duffelsluis.



Figuur 27 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2015



Figuur 28 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebietsen aan de meetraaien in het jaar 2015

De frequentieverdeling toont ook duidelijk dat de dagelijkse bovenafvoer van de Schelde te Melle in 2015 een dikke 25% van de tijd kleiner is dan deze van de Dijle te Haacht.

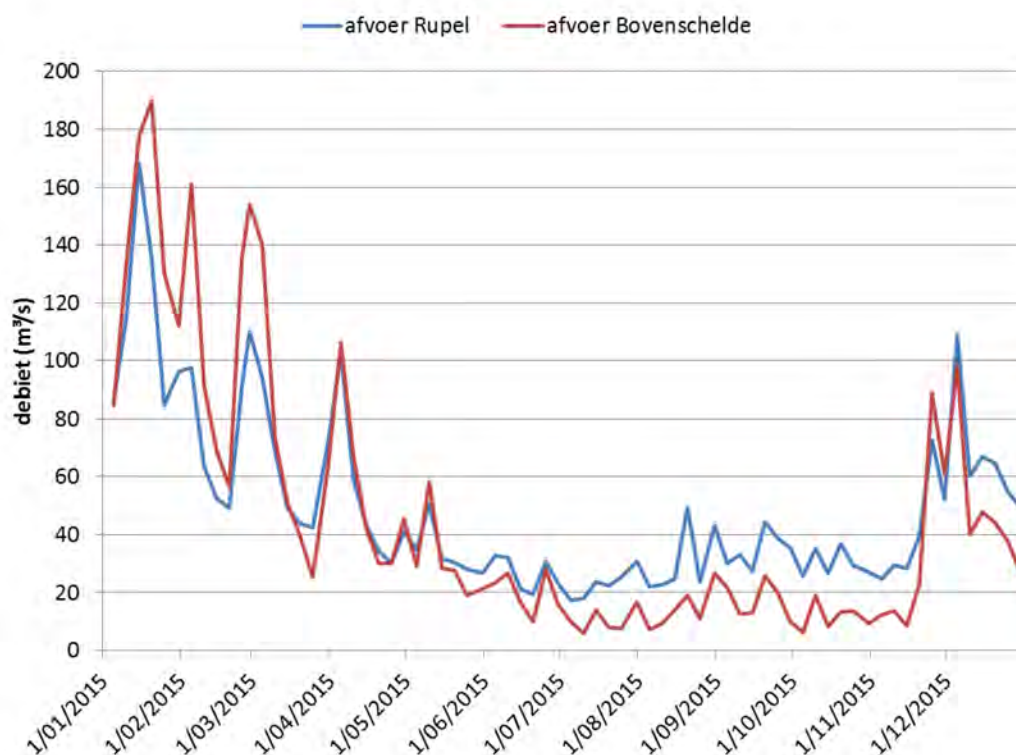
Ook kan opgemerkt worden dat het bovendebiet van de gekanaliseerde rivieren (Bovenschelde en Leie naar het Gentse, dus hier de meetraai in de Boven-Zeeschelde te Melle, alsook de Dender, met daar de meetraai te Appels) gedurende dagen lang zeer klein kan zijn.

In Tabel 8 is het gemiddelde van alle daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied gegeven, evenals het grootste en het kleinste daggemiddelde, en de 5 en 95 percentielen. Zoals in de tabel aangegeven brengt van al die meetlocaties aan de rand van het tijgebied de locatie Melle gemiddeld het grootste bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Tweede belangrijkste is de aanvoer vanuit de Dijle te Haacht. Daarna zijn de Netes te Duffelsluis en de Dender te Dendermonde (Appels) de grootste aanbrengers van zoetwater.

Tabel 8 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2015 (m³/s)

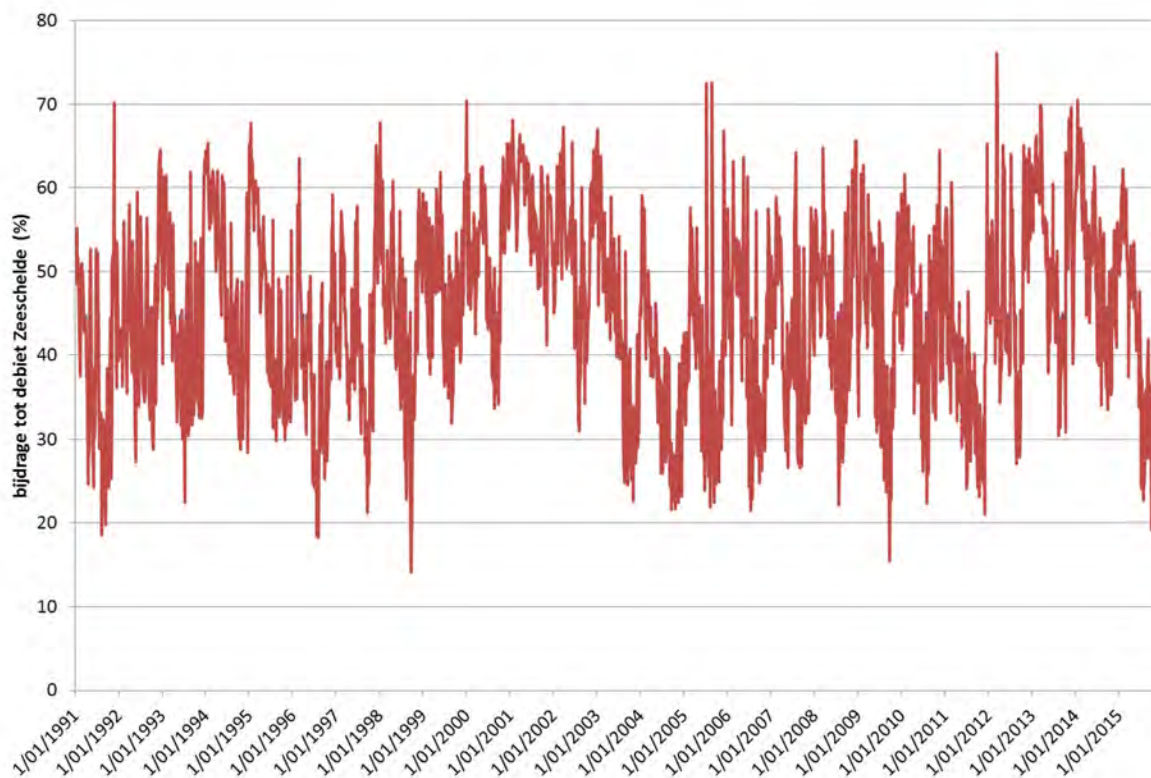
	Netes te Duffelsluis	Zenne te Eppegem	Dijle te Haacht	Dender te Dendermonde	Schelde te Melle
minimum	0.1	2.2	8.8	0.2	-2.3
5%-percentiel	3.2	2.5	9.8	1.6	1.6
gemiddeld	14.9	8.4	20.3	9.6	29.7
95%-percentiel	37.9	20.1	45.4	32.2	108.2
maximum	62.2	48.9	80.7	85.4	223.3

Ten slotte wordt in Figuur 29 de afvoer van de Rupel vergeleken met de afvoer van de Bovenschelde net voor de Rupel in de Schelde vloeit. De afleiding van de getoonde pentadadebieten wordt beschreven in Vanlierde et al. (2014). De afvoer van beide rivieren loopt qua trend grotendeels gelijk, alleen was de afvoer van de Bovenschelde in de eerste drie maanden merkkelijk groter dan deze van de Rupel terwijl het in de late zomermaanden en herfstmaanden andersom was. Ook in de maand december droeg de Rupel meer bij dan de Bovenschelde. Dit is ook zichtbaar in Figuur 27, waar de afvoer te Melle relatief groter is t.o.v. de andere meetposten in de eerste drie maanden van het jaar en dezelfde grootteorde lijkt te vertonen in de overige maanden.



Figuur 29 - Pentadeafvoer van de Rupel en de Bovenschelde opwaarts de monding van de Rupel in het jaar 2015

Dat de Rupel in de zomer meer bijdraagt dan de Boven-Zeeschelde aan het totale Zeescheldedebiet is een jaarlijks terugkerend patroon, zoals ook te zien is in Figuur 30. Tijdens nattere jaren (zoals bijvoorbeeld 2001-2002) draagt de Boven-Zeeschelde relatief gezien meer bij dan tijdens relatief drogere jaren (vb 2015), maar de algemeen zomer-winter trend blijft steeds zichtbaar.



Figuur 30 - Procentuele bijdrage van de Bovenschelde opwaarts de monding van de Rupel tot het Zeescheldebiet van 1991 tot 2015

3.3.2. Individuele wasregimes

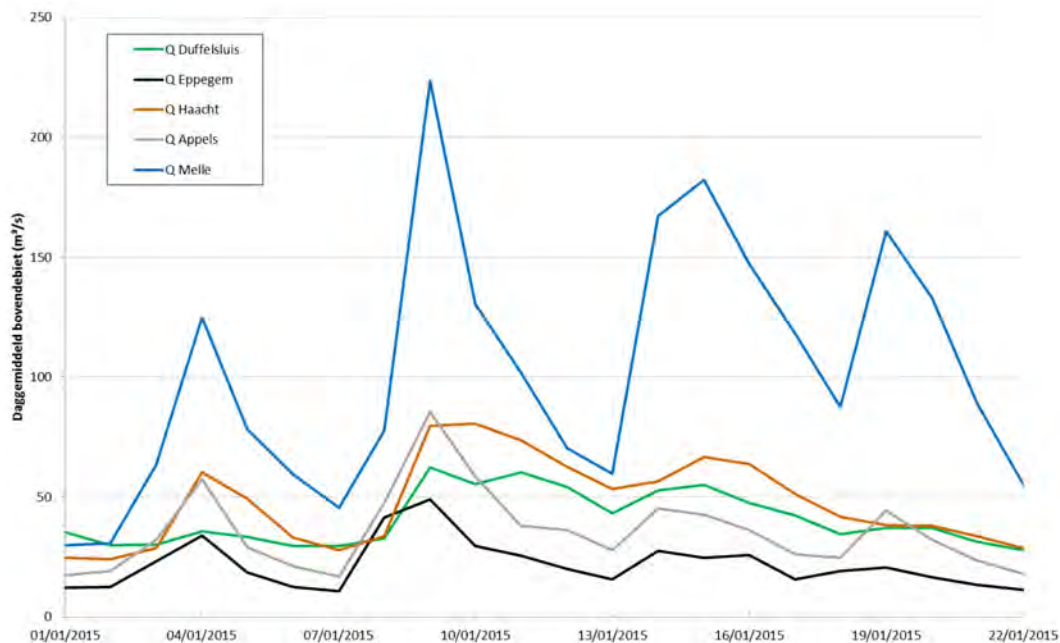
In 2015 heeft zich geen enkel wasregime voorgedaan dat geleid heeft tot een wasrapport. Wel hebben zich enkele periodes voorgedaan van verhoogde afvoer, zoals te zien in Figuur 27.

Aangezien deze invloed hebben op de geregistreerde fysische parameters, besproken in hoofdstuk 4, worden de individuele events hieronder kort besproken.

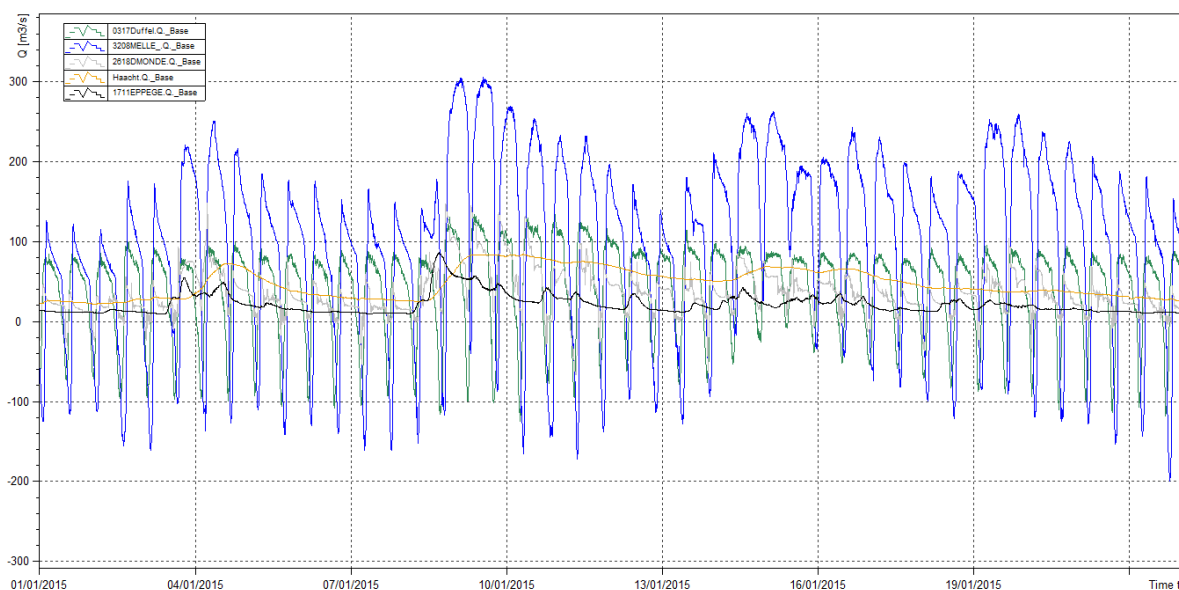
3.3.2.1 Verhoogde afvoer 1: 1-1-2015 tot 22-1-2015

Tijdens de winterperiode zijn er verschillende opeenvolgende verhoogde afvoeren geregistreerd. De periode met de hoogste afvoeren bevindt zich tussen 1 en 22 januari 2015 (zie Figuur 31).

Enkel tijdens de verhoogde afvoer rond 15/1 deed zich gedurende enkele tijen een continue ebstroom voor in deze periode in de Boven-Zeeschelde te Melle (zie Figuur 32). Bij de andere events was de afvoer te Melle niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Deze werd wel een paar keer sterk teruggedrongen, maar er is geen sprake van schijntij.



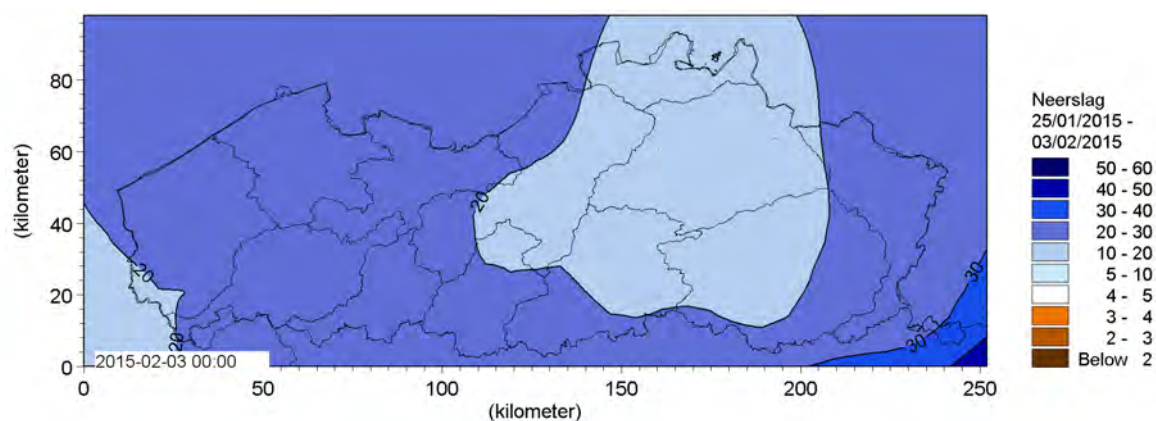
Figuur 31 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 1 januari tot 22 januari 2015



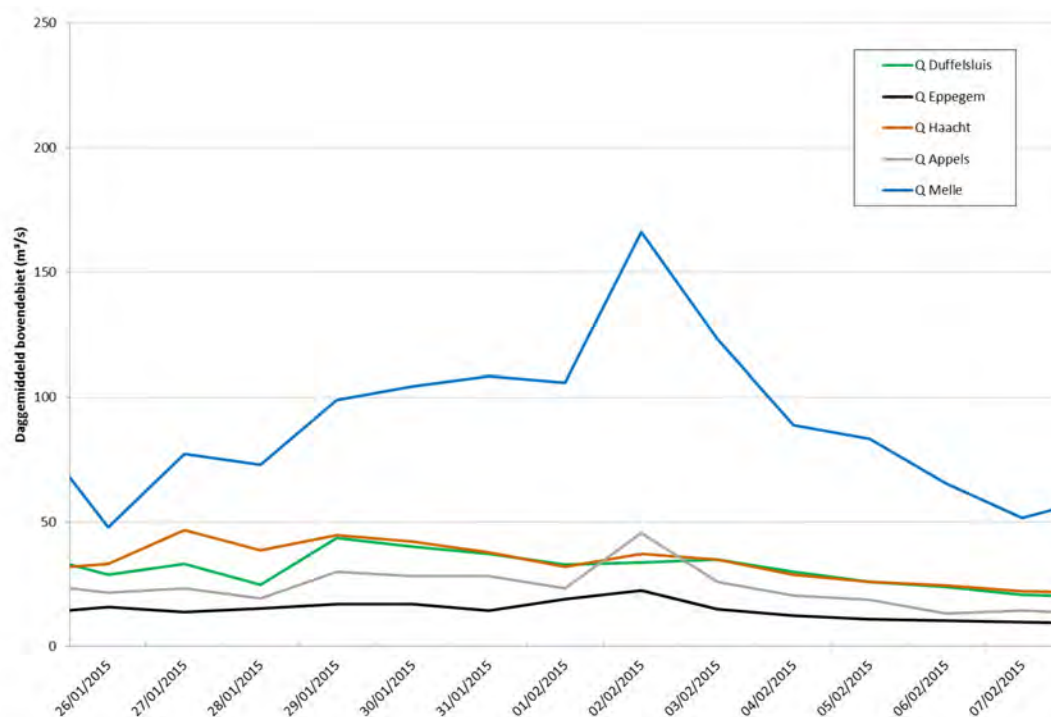
Figuur 32 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 1 tot 22 januari 2015

3.3.2.2 Verhoogde afvoer 2: 26-1-2015 tot 7-2-2015

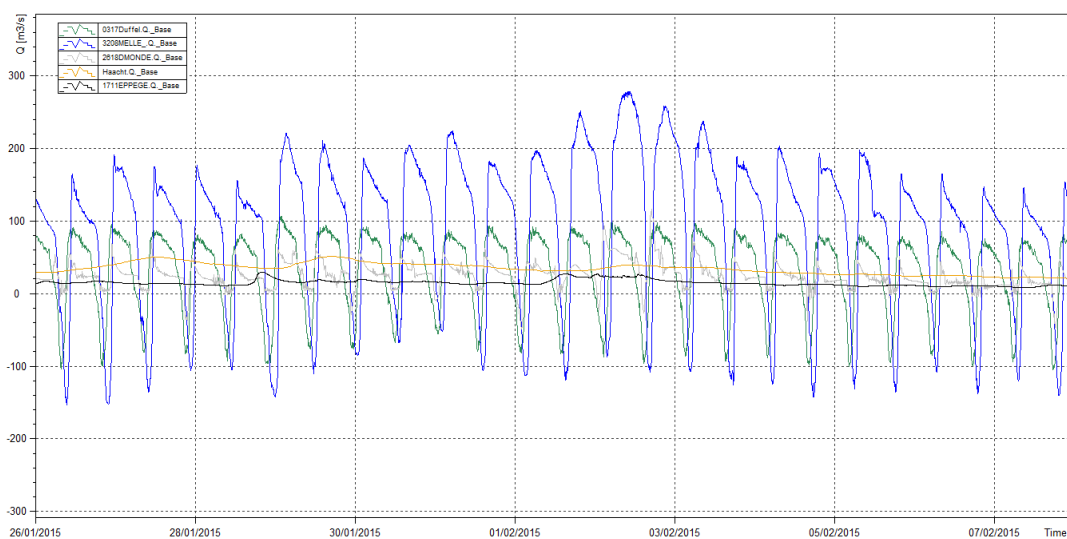
Op het einde van januari en begin februari deed zich nog een verhoogde afvoer voor. De neerslag viel voornamelijk in de westelijke landshelft, wat de verhoogde afvoer aan de meetraai te Melle verklaart. De afvoer in de andere meetraaien is minder sterk toegenomen (zie Figuur 34). De afvoer te Melle was evenwel niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Zoals in Figuur 35 gezien kan worden, wordt deze wel een paar keer sterk teruggedrongen, maar is geen sprake van schijntij.



Figuur 33 - Gevallen neerslag van 25 januari tot 3 februari 2015



Figuur 34 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 26 januari tot 7 februari 2015

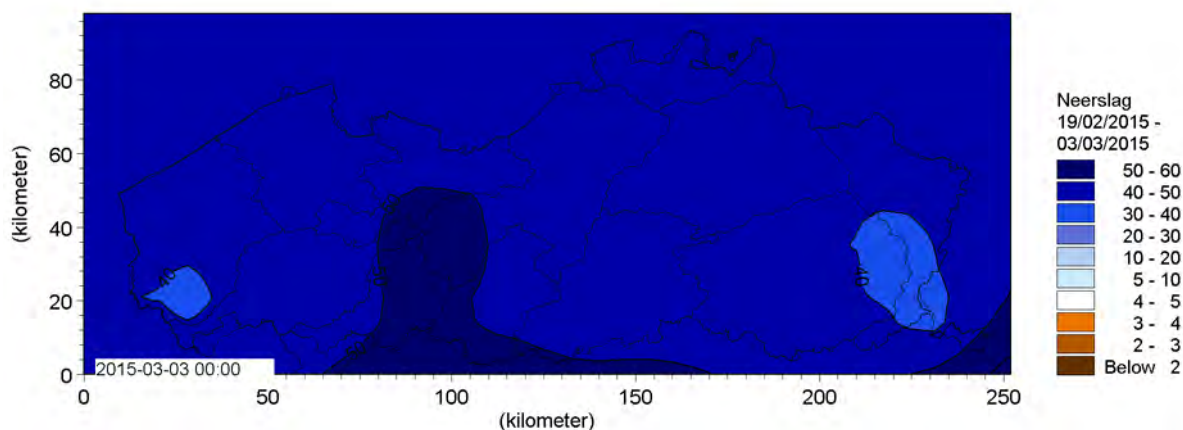


Figuur 35 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 26 januari tot 7 februari 2015

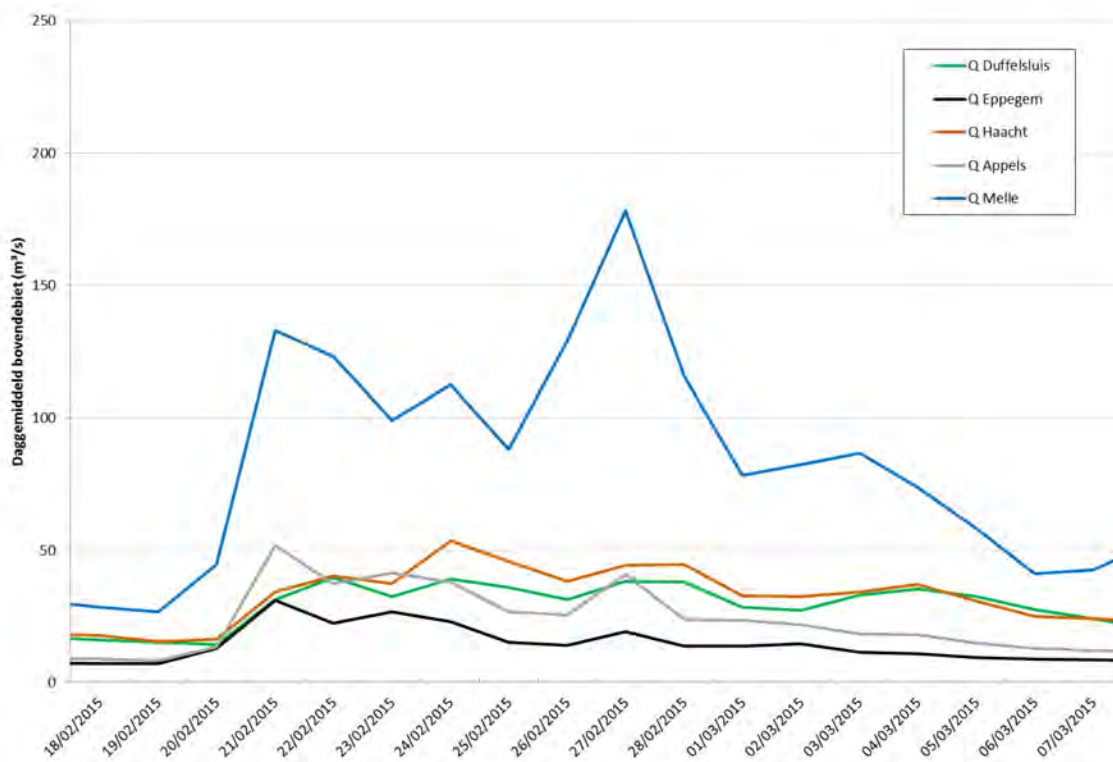
3.3.2.3 Verhoogde afvoer 3: 18-2-2015 tot 7-3-2015

Eind februari tot begin maart viel er behoorlijk wat neerslag over heel Vlaanderen, maar vooral over het Bovenschelde bekken (zie Figuur 36).

Dit verklaart waarom alle meetraaien verhoogde waarden in afvoer vertonen (zie Figuur 37), maar voornamelijk de meetraai in Melle.

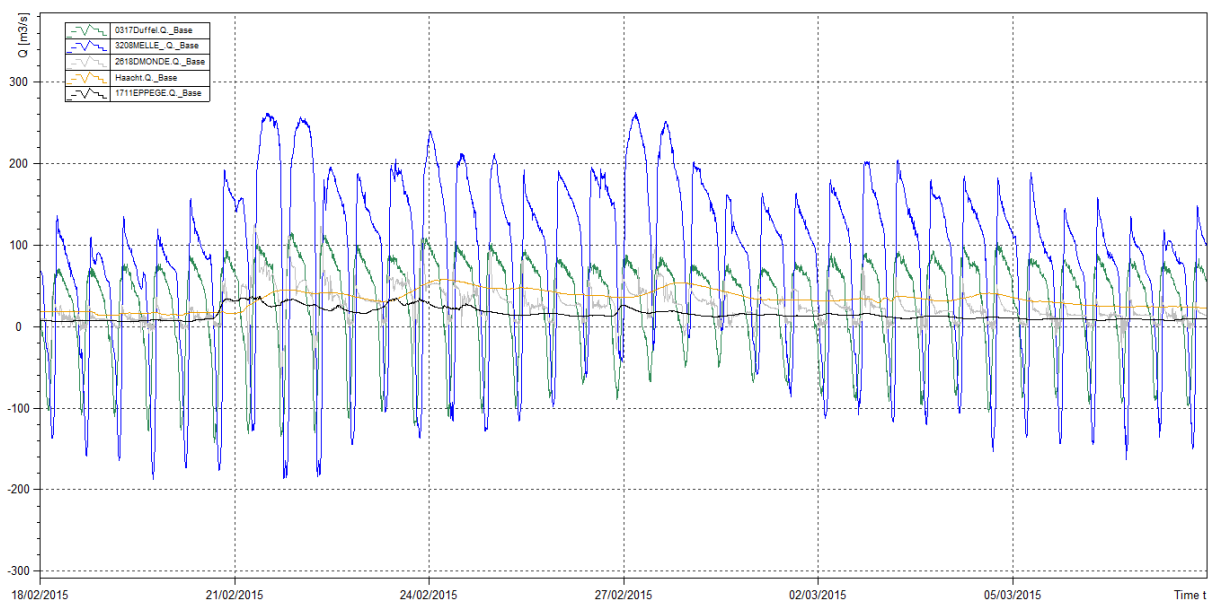


Figuur 36 - Gevallen neerslag van 19 februari 2015 tot 3 maart 2015



Figuur 37 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 18 februari tot 7 maart 2015

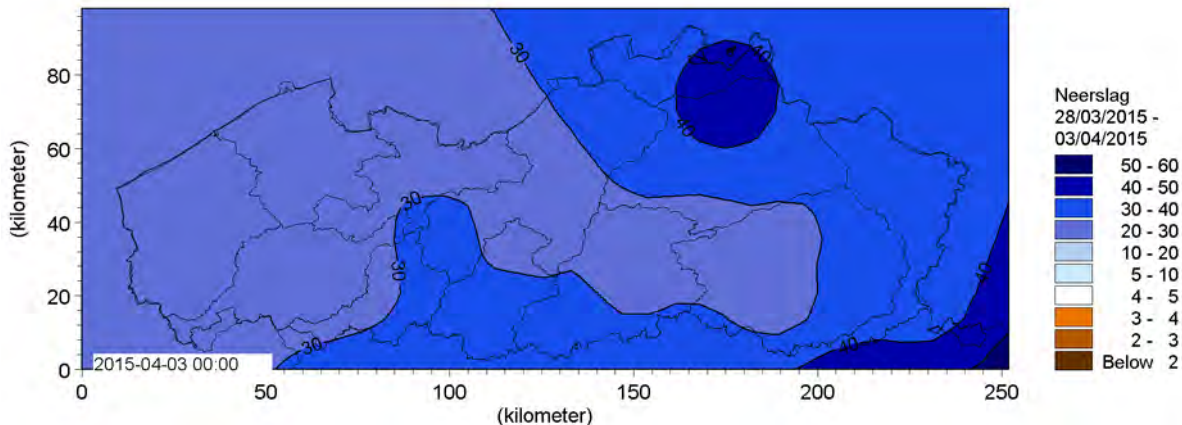
Ook tijdens dit event was de afvoer te Melle niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Zoals in Figuur 38 gezien kan worden, wordt deze wel een paar keer sterk teruggedrongen, maar is geen sprake van schijntij.



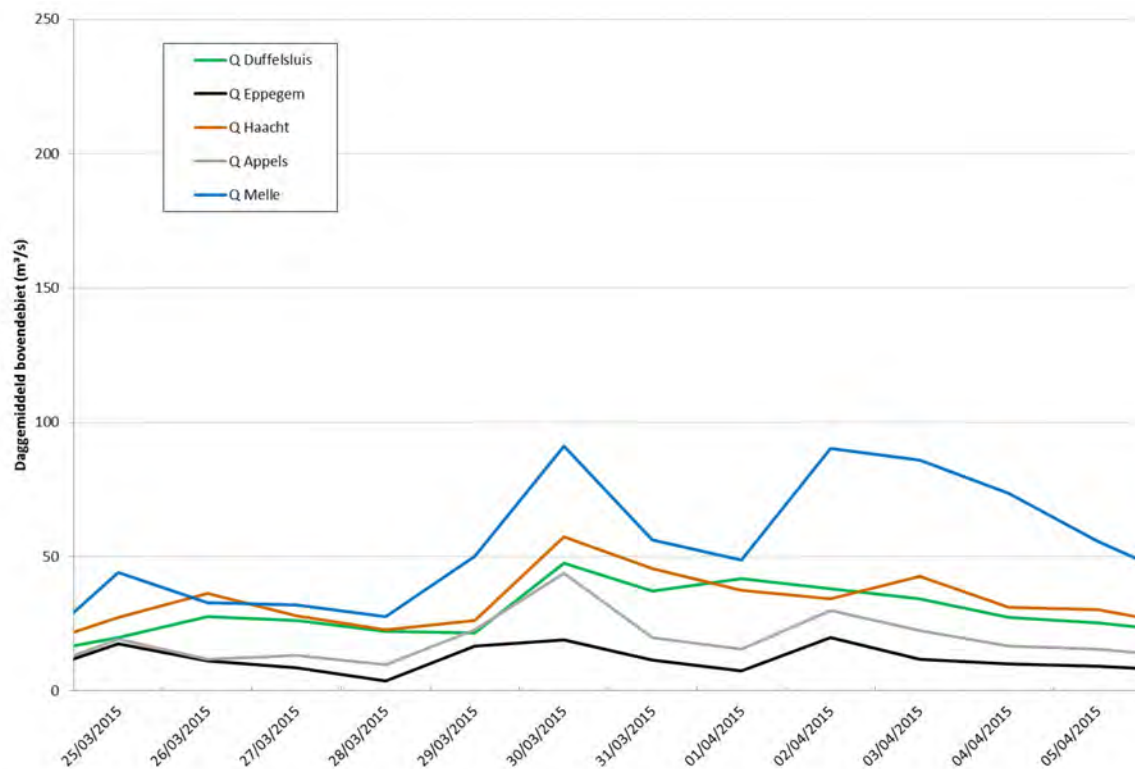
Figuur 38 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 18 februari tot 7 maart 2015

3.3.2.4 Verhoogde afvoer 4: 25-3-2015 tot 5-4-2015

Eind maart begin april 2015 was er nog een moment met verhoogde neerslag, die voornamelijk in het oosten van het land gevallen is (zie Figuur 39). Hierdoor zijn ook voornamelijk de afvoeren aan de meetraaien te Haacht en Duffelsluis verhoogd (zie Figuur 40).

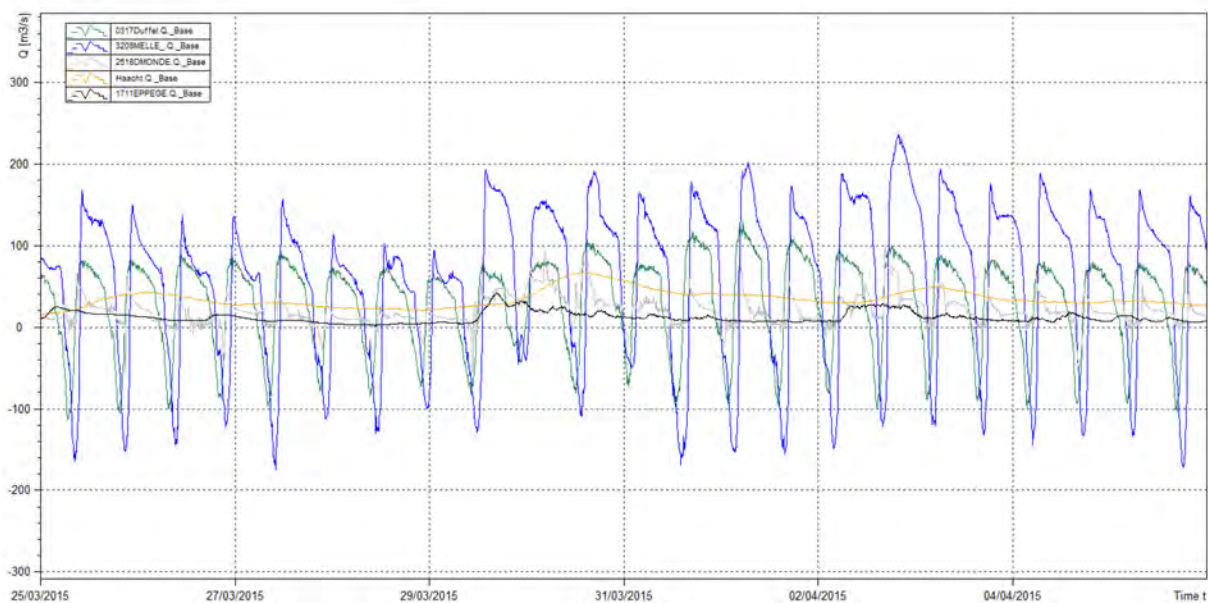


Figuur 39 - Gevallen neerslag van 28 maart 2015 tot 3 april 2015



Figuur 40 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 25 maart tot 5 april 2015

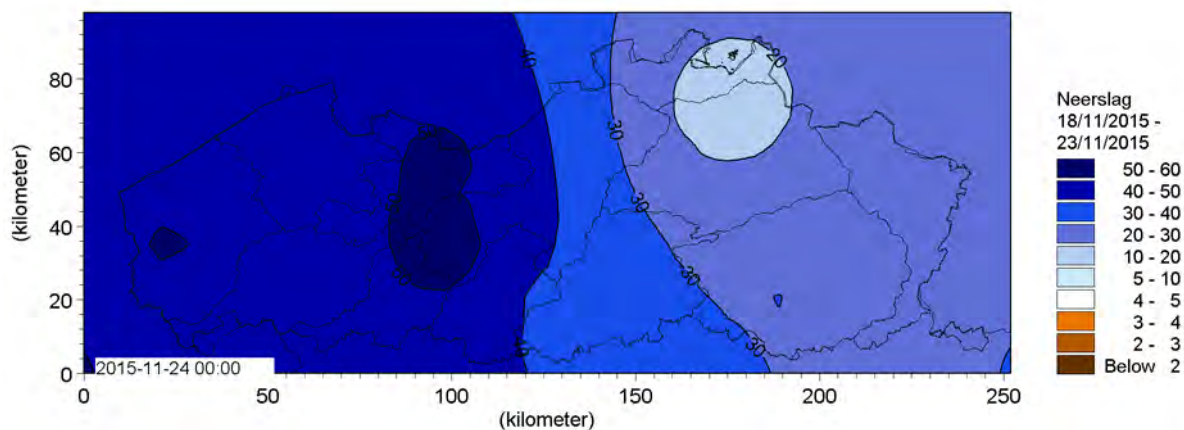
Ook tijdens dit event was de afvoer te Melle of Duffel-sluis niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Wel werd deze teruggedrongen, maar is geen sprake van schijntij (zie Figuur 41).



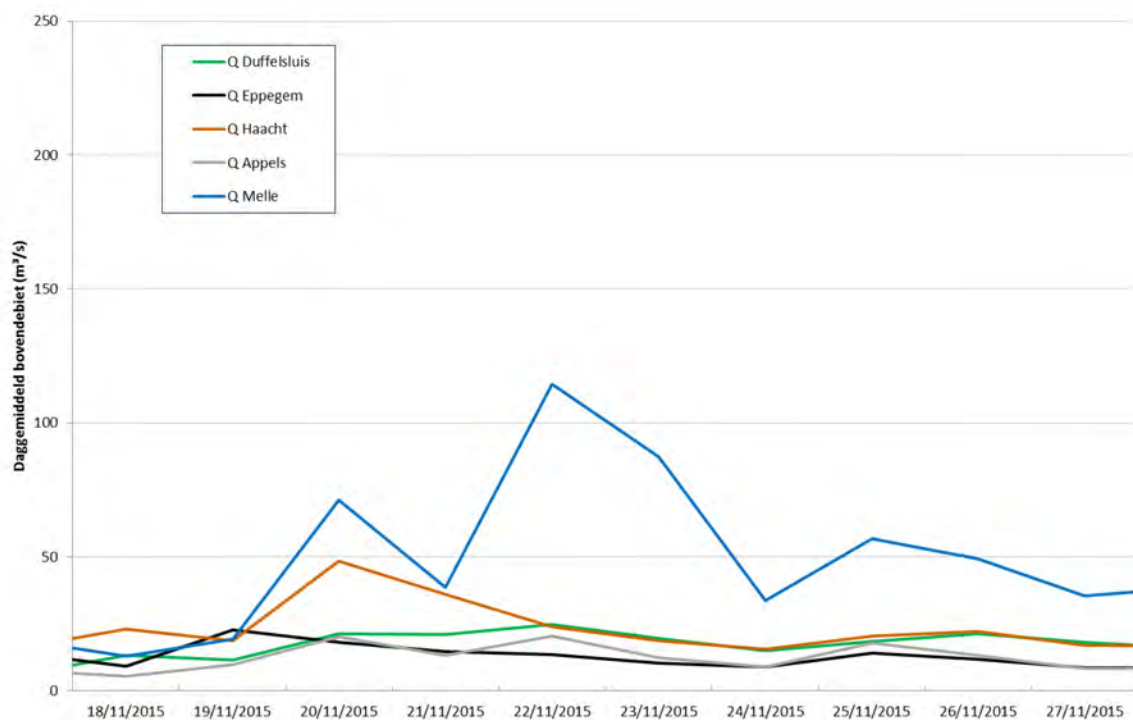
Figuur 41 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 25 maart tot 5 april 2015

3.3.2.5 Verhoogde afvoer 5: 18-11-2015 tot 28-11-2015

In de tweede helft van november 2015 was er een periode van verhoogde afvoer naar aanleiding van neerslag die voornamelijk in de westelijke landshelft viel (zie Figuur 42). Hierdoor is voornamelijk de afvoer aan de meetraai te Melle verhoogd (zie Figuur 43).

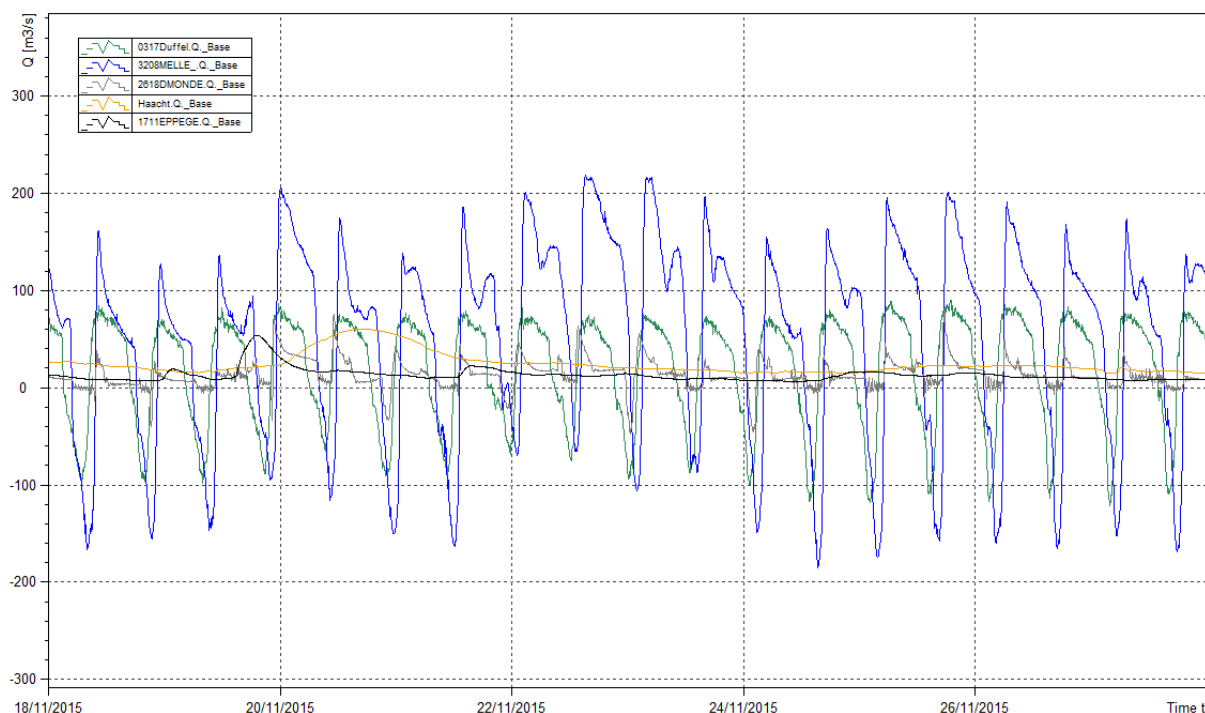


Figuur 42 - Gevallen neerslag van 18 tot 23 november 2015



Figuur 43 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 18 tot 28 november 2015

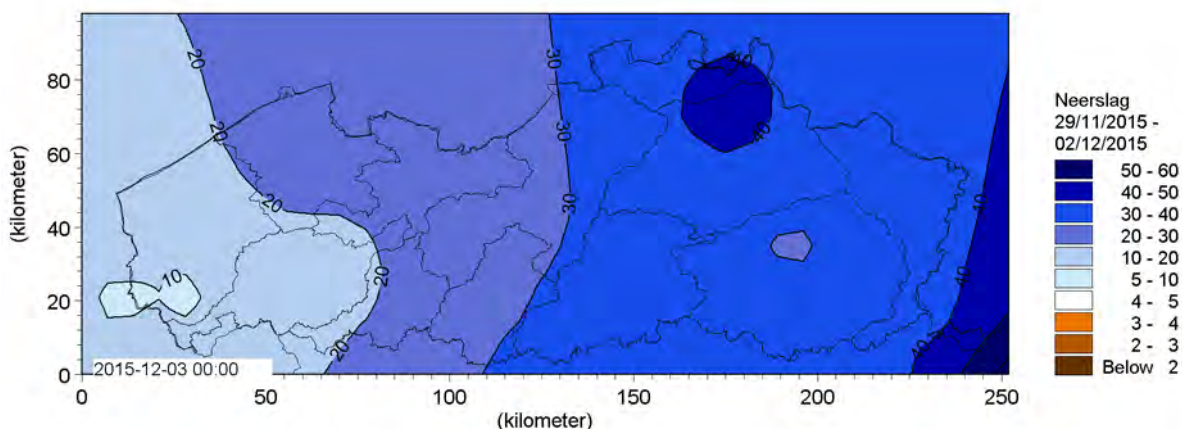
Ook tijdens dit event was de afvoer te Melle niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Wel werd deze teruggedrongen, maar is geen sprake van schijntij (zie Figuur 44).



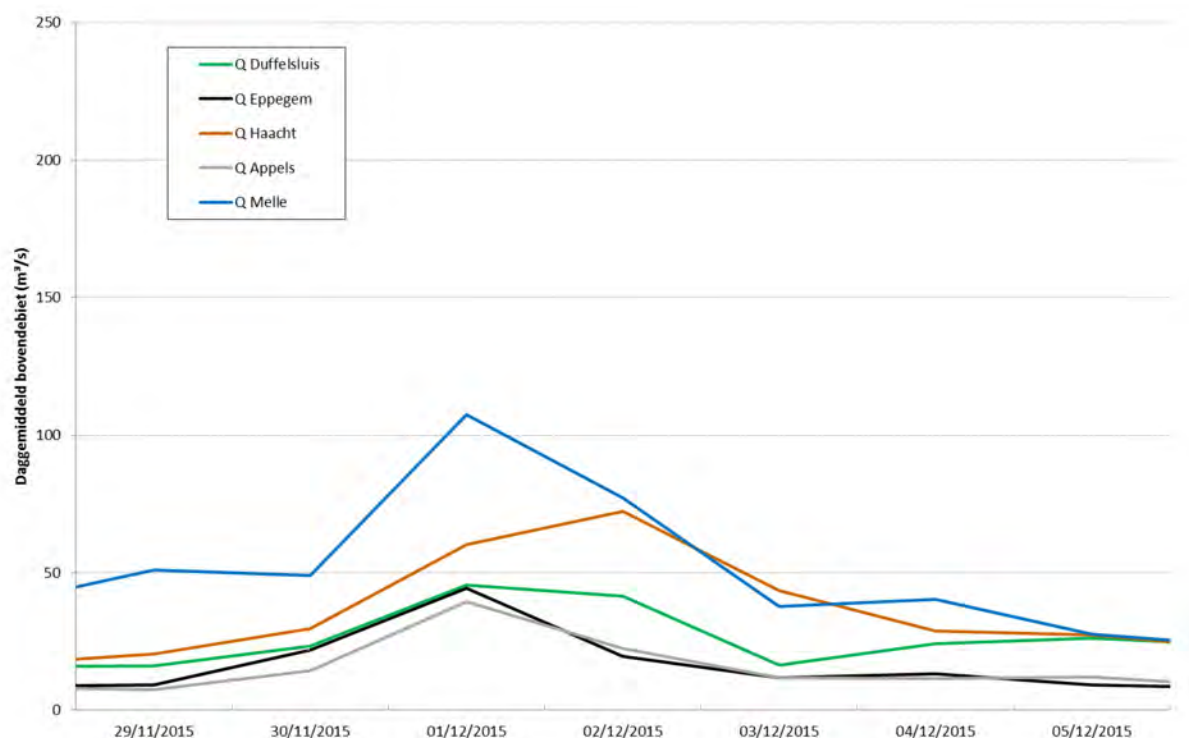
Figuur 44 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 18 tot 28 november 2015

3.3.2.6 Verhoogde afvoer 6: 29-11-2015 tot 6-12-2015

Tot slot viel er in eind november en begin december 2015 nog behoorlijk wat neerslag voornamelijk in het noordoosten van Vlaanderen (zie Figuur 45). Dit zorgde voor verhoogde afvoeren. Hierdoor is voornamelijk de afvoer aan de meetraai te Haacht verhoogd, en neemt de afvoer aan de meetraai te Melle maar beperkt toe (zie Figuur 46).

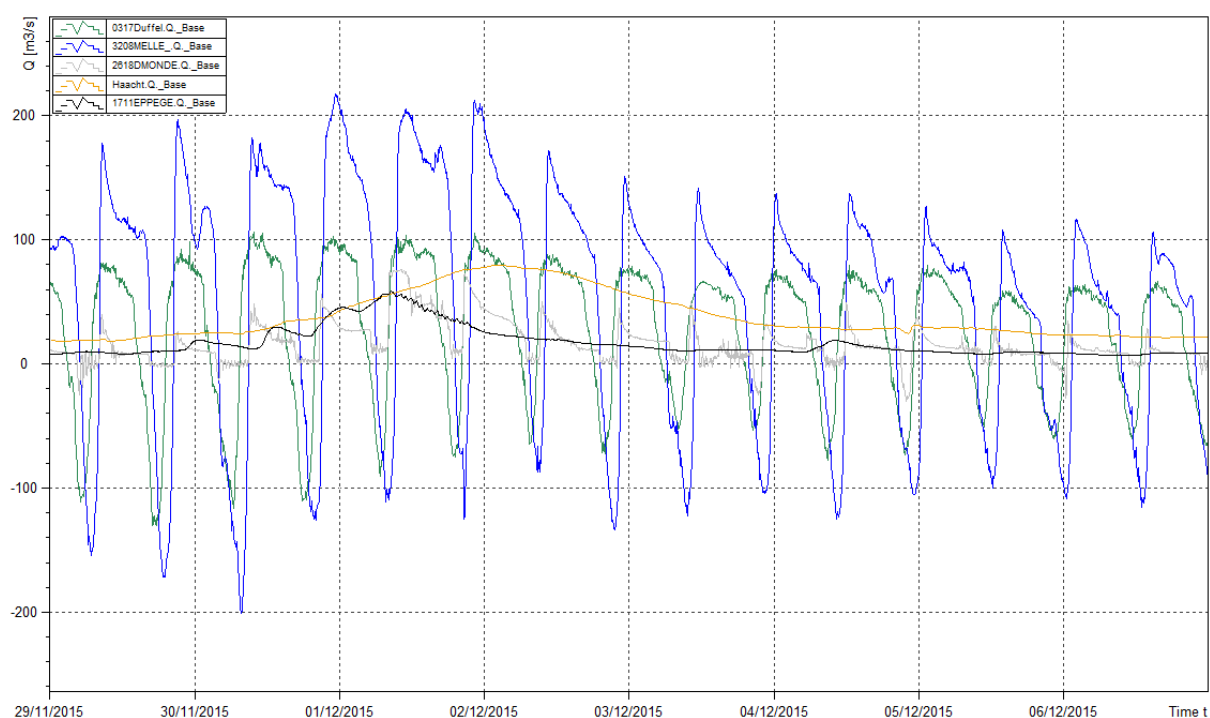


Figuur 45 - Gevallen neerslag van 29 november tot 2 december 2015



Figuur 46 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 29 november tot 6 december 2015

Tijdens dit event was de afvoer te Melle te weinig toegenomen om de vloedstroom tegen te werken. Wel werd deze in Duffelsluis wat meer teruggedrongen, maar is geen sprake van schijntij (zie Figuur 47).



Figuur 47 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 29 november tot 6 december 2015

Het jaar 2015 was dus wat afvoer aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken aangaat, gekenmerkt door:

- zes periodes van hogere afvoer waarvan geen enkele gerapporteerd werd in gepubliceerde wasrapporten:

- Periode 1: 01-01-2015 tot 22-01-2015
- Periode 2: 26-01-2015 tot 07-02-2015
- Periode 3: 18-02-2015 tot 07-03-2015
- Periode 4: 25-03-2015 tot 05-04-2015
- Periode 5: 18-11-2015 tot 28-11-2015
- Periode 6: 29-11-2015 tot 06-12-2015

4. Jaaroverzicht fysische parameters

Door het Waterbouwkundig Laboratorium worden fysische parameters zoals temperatuur, conductiviteit en turbiditeit, zowel op continue meetlocaties als tijdens singuliere meetcampagnes gemeten. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gemeten fysische parameters.

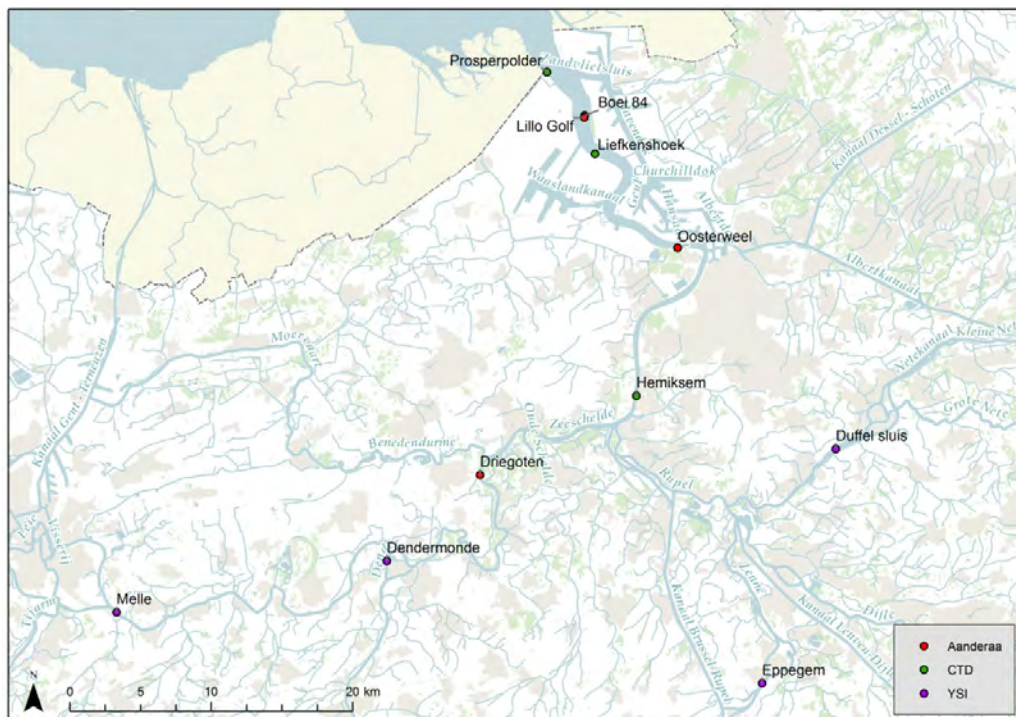
Voor achtergrond en duiding bij de monitoring van fysische parameters in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar het bijhorende methodologie-document genaamd "Basisboek" (Taverniers et al., 2013). Hierin worden de gebruikte meettoestellen in detail beschreven, evenals de meetlocaties. Daarenboven zijn in dit rapport de typische verlopen van de fysische parameters in functie van het getij en de seizoenen voor de verschillende meetposten opgenomen.

4.1. Continue metingen "fysische parameters"

4.1.1. Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

Op acht meetplaatsen in de Zeeschelde (Prosperpolder, Boei 84, Lillo Meetpaal¹, Liefkenshoek, Oosterweel, Hemiksem, Driegoten en Melle), één meetplaats op de Dender (Dendermonde), één meetplaats op de Zenne (Epegem) en op één meetplaats in de Beneden-Nete (Duffel Sluis) worden met behulp van multiparameter-toestellen op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd (zie Figuur 48).

Op meetlocaties te Boei 84/Lillo Meetpaal en Oosterweel hangen telkens twee multiparametertoestellen, een onderste toestel dicht bij de bodem, een bovenste toestel onder het laag-laagwater peil, zodat ook deze zich ten allen tijde onder water bevindt. Het onderste toestel te Boei 84/Lillo Meetpaal hangt 1 m boven de bodem, het bovenste hangt er 3,75 m boven de bodem. Te Oosterweel hangt het onderste toestel 1 m boven de bodem, het bovenste 4,5 m. Op de meetposten Prosperpolder, Liefkenshoek, Hemiksem, Driegoten, Melle en Duffel Sluis werd er telkens één toestel opgesteld. Tabel 9 geeft een overzicht van welk toesteltype op welke locatie hangt, alsook welke parameters deze toestellen registreren en met welk tijdsinterval.



Figuur 48 - Locatie van Moneos-metposten in Zeeschelde en bijrivieren waar continue monitoring van fysische parameters plaatsvindt

¹ Op 25 september 2015 werd de meetpost te Boei 84 verlaten en werd deze vervangen door de meetpost Meetpaal Lillo die vanaf 29 september 2015 in gebruik genomen werd

Tabel 9 - Overzicht van de toesteltypen van multi-parametertoestellen ingezet in 2015 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren

Toesteltype	Tijds-interval	Gemeten parameters	Meetlocatie	Verticale positie	Rivier
Aanderaa Seaguard	10 min	Totale druk	Boei 84 (boven + onder)	B: 4m boven de bodem ²	Beneden-Zeeschelde
		Temperatuur		O: 1m boven de bodem ²	
		Conductiviteit	Lillo Meetpaal (boven + onder)	B: 4m boven de bodem ²	Beneden-Zeeschelde
		Turbiditeit		O: 1m boven de bodem ²	
		Stroomrichting	Oosterweel (boven + onder)	B: 4,5m boven de bodem ²	Beneden-Zeeschelde
		Stroomsnelheid		O: 1m boven de bodem ²	
Valeport-CTD	10 min	Totale druk	Liefkenshoek	B: 4,5m boven de bodem ²	Beneden-Zeeschelde
		Temperatuur		O: 1m boven de bodem ²	
		Conductiviteit	Driegoten	+/- 3 m onder het wateroppervlak	Boven-Zeeschelde
YSI	5 min	Totale druk	Prosperpolder	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
		Temperatuur	Liefkenshoek	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
		Conductiviteit	Hemiksem	-1,5 m TAW	Boven-Zeeschelde
		pH	Melle	+/- 0,8 m boven de bodem	Boven-Zeeschelde
		Turbiditeit	Dendermonde	+/- 0,4 m boven de bodem	Dender
		Zuurstofgehalte	Eppegem	+/- 0,3 m boven de bodem	Zenne
		Zuurstofverzadiging	Duffel Sluis	+/- 0,35 m boven de bodem	Beneden-Nete

Door technische problemen gebeurt het wel eens dat een toestel gedurende een periode enkele of alle parameters niet correct meet. In onderstaande tabel (Tabel 10) wordt een overzicht gegeven van de periodes waarin problemen optraden met de meetapparatuur en er dus geen data zijn.

Te Prosperpolder, Melle en Eppegem werd gedurende 2015 het hele jaar door continu gemeten. Wel moet hierbij de opmerking gemaakt worden dat de parameter turbiditeit in Eppegem vaak de validatievlag 'Suspect' krijgt, omwille van onrealistische data om verschillende redenen.

² de meeste sensoren meten 0.5 m lager dan de positie van het toestel, turbiditeit meet 0,2 m lager dan de positie, ADCP 0,2 m hoger

Aan de posten Driegoten, Liefkenshoek, Hemiksem en Dendermonde worden maar enkele dagen aan data gemist, waarschijnlijk een probleem met de energie voorziening.

Aan Boei 84 en Lillo Meetpaal werd telkens maar een bepaald deel van het jaar gemeten, te Boei 84 t.e.m. eind september en te Lillo Meetpaal pas vanaf begin oktober. Dit komt doordat de meetopstelling te Boei 84 werd afgebroken en is vervangen door een opstelling aan een meetpaal te Lillo Meetpaal, enkele honderden meter verderop. Hoewel de ene post ter vervanging van de ander werd ingericht, en men zich dus de vraag kan stellen of de metingen inwisselbaar zijn tussen de twee posten, worden deze verder toch als twee aparte posten behandeld.

Te Boei 84 Onder en Oosterweel Boven werd geen conductiviteit gemeten in respectievelijk de periode midden juni – midden juli, en in geheel 2015.

De opstelling van de meetsonde aan Oosterweel Onder ondervond in de zomer van 2015 ernstige technische problemen met waterindringing in de sonde zelf als gevolg. Hierdoor kon er gedurende deze periode geen enkele parameter correct worden opgemeten.

Tabel 10 - Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2015)

Meetlocatie	Start periode zonder metingen	Stop periode zonder metingen	Reden
Boei 84 (Boven)	28/01/2015 25/09/2015	30/01/2015 31/12/2015	afbraak meetpost in september
Boei 84 (Onder)	28/01/2015 16/06/2015 25/09/2015	30/01/2015 16/07/2015 31/12/2015	Geen conductiviteit afbraak meetpost
Lillo Meetpaal (Onder en Boven)	01/01/2015 22/11/2015	25/09/2015 04/12/2015	Opstart meetpost in oktober Problemen met toestel
Oosterweel (Boven)	20/01/2015	21/01/2015	Geen conductiviteit
Oosterweel (Onder)	20/07/2015 27/11/2015 15/12/2015	20/08/2015 10/12/2015 31/12/2015	Probleem met meetopstelling / Technisch defect toestel Weghalen toestel
Driegoten	12/08/2015	14/08/2015	Onbekend
Prosperpolder	n.v.t.	n.v.t.	
Liefkenshoek	13/07/2015	16/07/2015	Onbekend
Hemiksem	21/02/2015	24/02/2015	Onbekend
Duffel Sluis	01/06/2015	10/06/2015	Onbekend
Melle	n.v.t.	n.v.t.	
Dendermonde	13/02/2015	18/02/2015	Onbekend
Eppegem	n.v.t.	n.v.t.	

4.1.2. Verloop stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde

4.1.2.1 Verloop van stroomrichting

Op vier locaties in de Zeeschelde (met name Boei 84, Lillo Meetpaal, Oosterweel en Driegoten) werd in 2015 de stroomrichting en stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa multiparametertoestellen (zie Figuur 48). Deze sondes meten de vectoriële watersnelheid in een horizontaal vlak, tot een drietal meter rondom de meetsonde. Buiten de absolute grootte van snelheid is dus ook de stroomrichting gekend. Deze geldt in het horizontale vlak, en wordt klassiek uitgedrukt in 360-delige graden t.o.v. de noordelijke richting. De gemeten waterstroomrichting duidt dus de zin aan waarnaar de stroming gaat, in tegenstelling tot windrichting.

De oriëntatie van de meetlocaties maakt dat te Boei 84, Lillo Meetpaal en Driegoten de stroomrichting bij eb naar het noorden georiënteerd is en dus schommelt rond $0^\circ = 360^\circ$. Bij vloed is de stroomrichting voor deze meetlocaties in zuidelijke richting georiënteerd, dus rond 180° . Te Oosterweel daarentegen, gaan de vloed- en ebstromingen volgens de Oost-West-as. De stroomrichting bij vloed gaat in oostelijke richting, of dus rond 90° , terwijl de stroomrichting bij eb naar het westen georiënteerd is, dus rond 270° .

Op alle meetlocaties schommelt het verschil tussen vloed- en ebstroming dus rond 180° . Er zijn geen lokale invloeden van riviermorphologie of van constructies die de stroomrichtingen ter hoogte van deze locaties van de Noord-Zuid of Oost-West-lijnen doen afwijken. De stroomrichting is een parameter die telkenmale bij vloed resp. eb heel constant is, en die tijdens een vloed resp. eb slechts weinig variatie kent (Tabel 11). Wel valt het op dat de standaardafwijking van de stroomrichting bij zowel eb als vloed lijkt af te nemen naar stroomopwaarts (Driegoten) toe. Dit is ook meer uitgesproken bij eb dan bij vloed. Dit kan te maken hebben met de breedte of diepte van de rivier die in het algemeen vermindert naar stroomopwaarts toe.

Gezien er een nagenoeg éénduidige stroomrichting is bij eb en vloed, met een verschil tussen beide richtingen van ongeveer 180° , wordt het verloop van de stroomrichting in de tijd niet als dusdanig in dit rapport opgenomen. Wel wordt aan de hand van de verandering van de stroomrichting, de tijdstippen van Kentering Hoog Water (KHW) en van Kentering Laag Water (KLW) bepaald. Hierdoor kunnen ook eb en vloed gedefinieerd worden: eb is de periode tussen KHW en KLW, en vloed tussen KLW en KHW.

Tabel 11 - Gemiddelde en standaardafwijking van de gemeten stroomrichting bij eb en vloed te Boei 84/Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) en Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2015.

Locatie	Eb			Vloed		
	Hoek/Richting ($^\circ$)		Azimut	Hoek/Richting ($^\circ$)		Azimut
	Gemiddelde	Standaardafwijking		Gemiddelde	Standaardafwijking	
Boei 84 (boven)	359	11	N	182	11	Z
Lillo Meetpaal (boven)	3	11	N	182	11	Z
Oosterweel (boven)	262	7	W	93	9	O
Driegoten	3	6	N	182	8	Z

4.1.2.2 Verloop van stroomsnelheid

Naast de stroomrichting wordt ter hoogte van Boei 84, Lillo Meetpaal, Oosterweel en Driegoten ook de stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa-multiparametersondes. Deze metingen zijn puntstroom-snelheidsmetingen. De locatie van de meetplaatsen is telkens zo representatief mogelijk voor de dwars-sectie gekozen. Bij deze locatiekeuze dient telkens wel rekening gehouden te worden met het feit dat ze buiten vaargeul gelegen moet zijn en aan een steiger of dukdalf geplaatst moet kunnen worden. Om toch een inzicht te krijgen in de stroming en sedimenttransport doorheen de gehele dwarssectie op verschillende plaatsen in de Zeeschelde (en in de Rupel), zijn dertienuurs-metingen uitgevoerd (zie § 4.2.2).

Aangezien de stroomsnelheid rond het moment van de kenteringen naar nul terugvalt, zijn enkel gemiddelde en maximale stroomsnelheden tijdens vloed en eb interessante afgeleiden om te presenteren. Bij springtijden zijn ze groter dan bij middeltijden die dan weer groter zijn dan bij doottijden. Bij stormtijden kunnen de stroomsnelheden nog beduidend groter zijn. Buiten de aldus bepaalde "gemiddelde" stroomsnelheden bij vloed en eb, gelden ook de maximum stroomsnelheden bij vloed en eb als fysisch kenmerkend. Ook hier speelt het tijverschil dé rol van betekenis, dus is er afhankelijkheid van doottijd, middeltijd, springtij, stormtij.

De gemiddelde en maximale snelheden over eb en vloed zijn berekend in de periode tussen twee kenteringen, waarbij het moment van kentering bepaald is op basis van de met dezelfde Aanderaa-sonde gemeten stroomrichting.

Zoals eerder vermeld kan het voorkomen dat een toestel niet of niet correct meet. Deze periodes kunnen herkend worden in de data als periodes zonder waarden (Missing), of met onbetrouwbare waarden (Suspect). In Tabel 12 werd de verdeling van de kwaliteitsvlaggen opgenomen voor de gemeten stroomsnelheid in 2015. De gegevens verzameld aan Boei 84 en Lillo Meetpaal vertonen veel missings doordat de meetpost in oktober van Boei 84 naar Lillo is verhuisd. Verder valt het toch op dat de gegevens gemeten aan Boei 84 Onder ook voor een groot deel onbetrouwbaar (Suspect) zijn. Ook te Lillo Meetpaal is 1/3 (8 %, in totaal 22 % gemeten) van de gemeten data onbetrouwbaar bevonden. In Oosterweel en Driegoten werd er wel een heel jaar gemeten, maar het toestel Oosterweel Onder had enkele defecten aan de opstelling, waardoor 24 % van de data 'Missing' is.

Tabel 12 - Verdeling (in %) van kwaliteitsvlaggen voor de parameters stroomsnelheid, 2015.

	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Boei 84 Boven*	67	0	0	0	30
Boei 84 Onder*	40	0	30	0	30
Lillo Meetpaal Boven*	25	0	0	0	75
Lillo Meetpaal Onder*	13	0	8	0	78
Oosterweel Boven	98	0	0	0	2
Oosterweel Onder	76	0	0	0	24
Driegoten	99	0	0	0	1

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

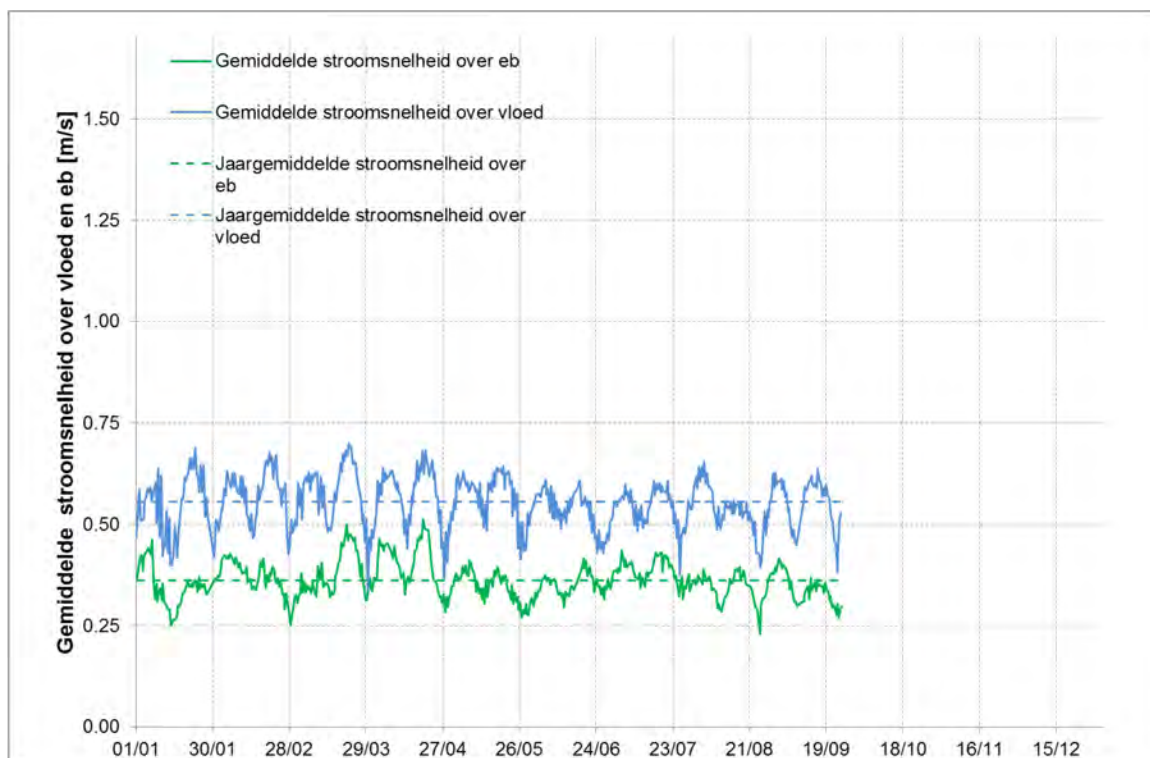
Figuur 49 tot en met Figuur 62 tonen resp. de gemiddelde stroomsnelheden (Figuur 49 t.e.m. Figuur 55) bij vloed en bij eb, en de maximale (Figuur 56 t.e.m. Figuur 62) stroomsnelheden bij vloed en bij eb en dit voor resp. de locaties Boei 84, Lillo Meetpaal, Oosterweel, en Driegoten. Wat betreft de meetlocaties te Boei 84, Lillo Meetpaal en Oosterweel, is telkens eerst het resultaat van het bovenste meettoestel weergegeven en vervolgens dit van het onderste meettoestel. Op de meetlocatie van Driegoten is slechts één toestel aanwezig. Op al deze locaties is steeds het patroon van doottij/middeltij/springtij te herkennen. De variatie tijdens deze cyclus is vooral erg groot tijdens de maximale vloedstroming.

Verder moet ook vermeld worden dat er enkel te Driegoten en Oosterweel een volledige tijdsreeks van 2015 gemeten werd. Alle andere toestellen hebben om bepaalde redenen geen volledig jaar aan gegevens geregistreerd (§4.1.1). Te Boei 84 Onder gaf de stroomsnelheidsmeter slechte waarden aan vanaf 03/06/2015 waardoor deze niet meer zijn voorgesteld. Ook te Lillo Meetpaal Onder waren er problemen met de snelheidsmetingen in de eerste helft van oktober en de tweede helft van november. Dit was waarschijnlijk te wijten aan een foutieve tilt, als gevolg van een slechte plaatsing, van het toestel.

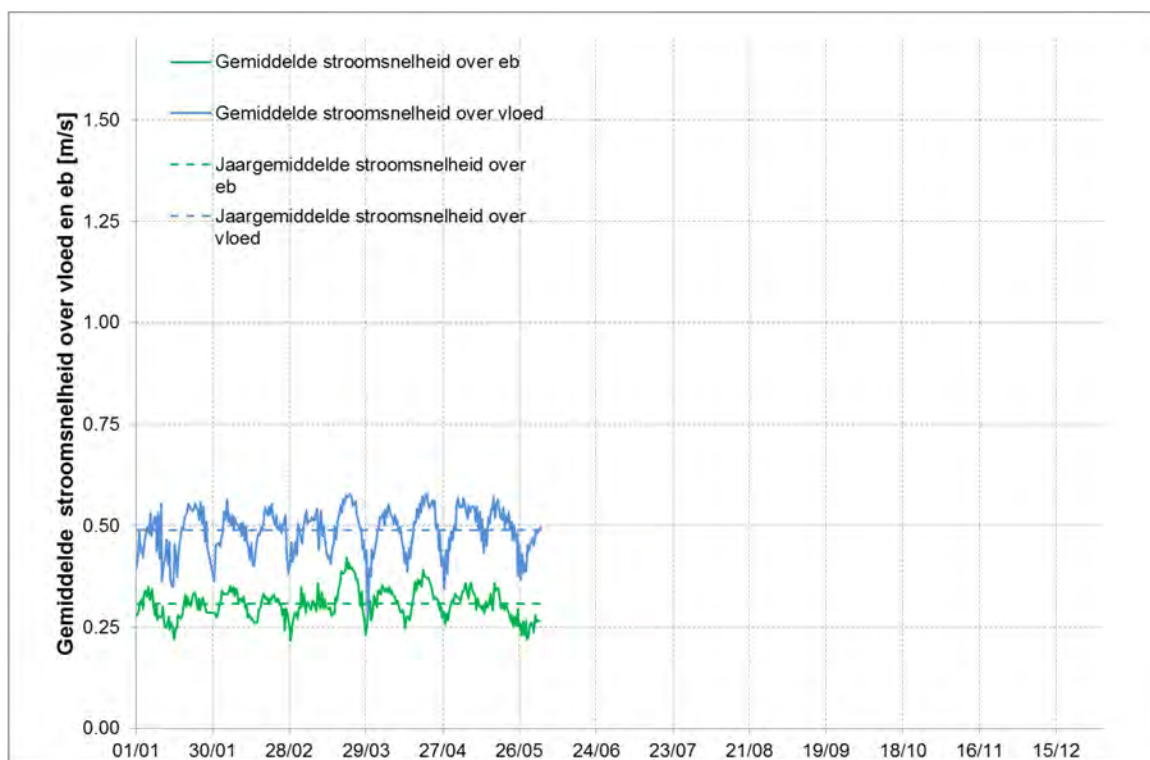
Figuur 63 geeft een samenvatting van Figuur 54 tot Figuur 62 voor alle meetlocaties door middel van boxplots. Door het gebruik van boxplots kunnen de mediaan (de volle lijn), de interkwartielafstand (de doos) en de minimum en maximum waarden inclusief uitschieters (whiskers) van de verschillende meetlocaties vergeleken worden.

Samengevat kan worden gesteld dat de gemiddelde stroomsnelheid uiteraard groter is bij de bovenste toestellen voor Boei 84, Lillo Meetpaal en Oosterweel. In 2015 waren er geen echte stormvloed en ook de ontwikkeling van stormtij bleven beperkt. Het verschil in maximale stroomsnelheden tussen winter en zomer bleef dan ook voor 2015 beperkt.

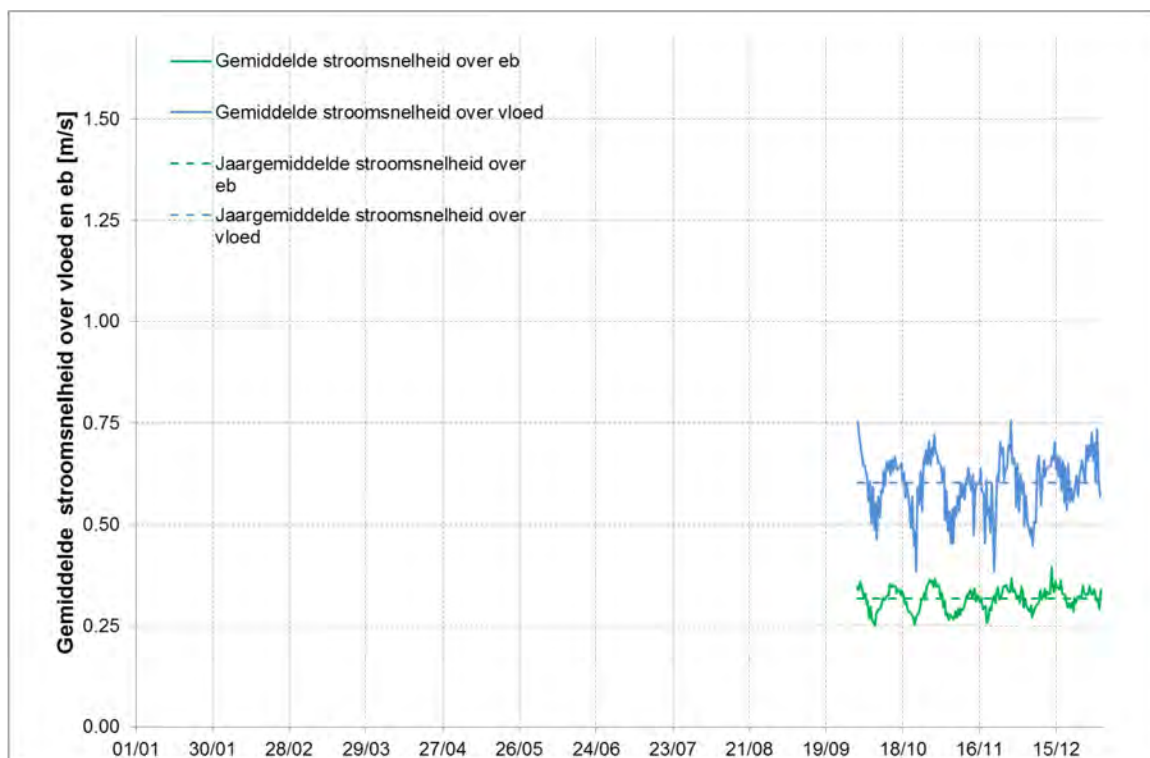
Aan Boei 84 zijn er uitgesproken verschillen tussen de stroomsnelheden bij vloed en deze bij eb. Voor het bovenste toestel (Figuur 49) worden hier gemiddelde snelheden bij vloed gemeten van 0,35-0,70 m/s, voor het onderste toestel (Figuur 50) liggen deze een tiental cm/s lager. Bij eb worden snelheden rond 0,25-0,5 m/s gemeten aan het bovenste toestel, en snelheden rond 0,25-0,4 m/s onderaan.



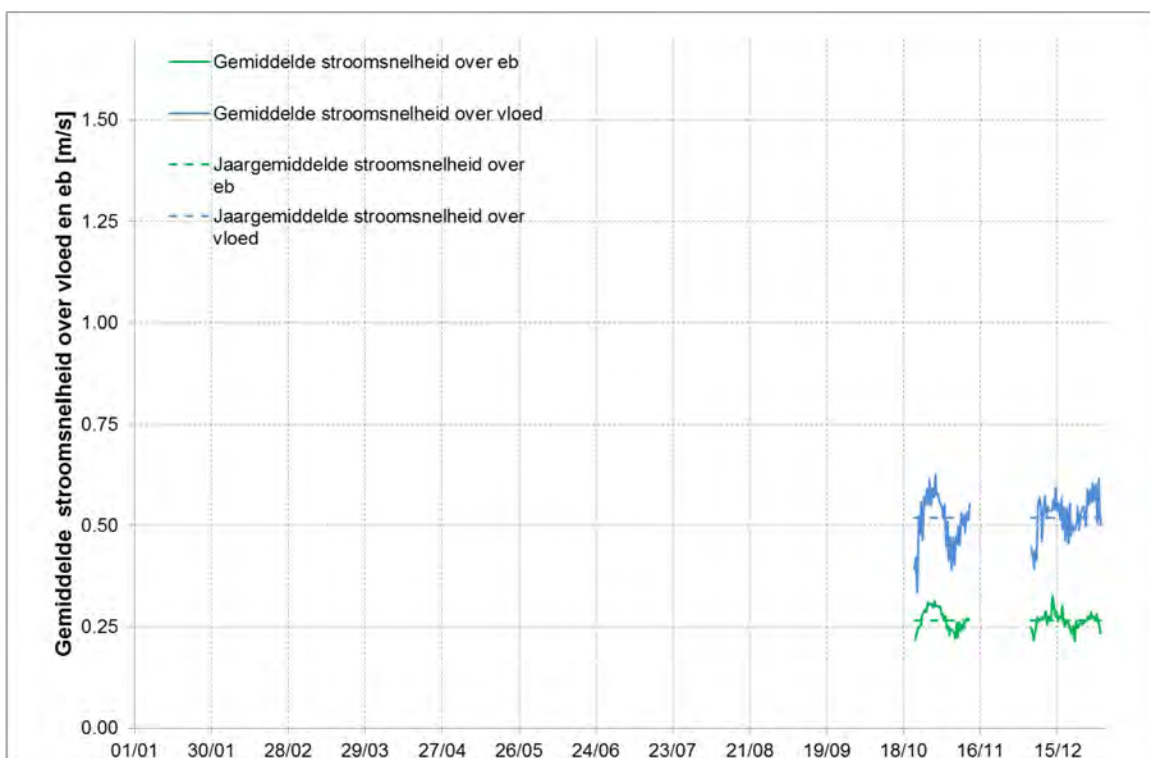
Figuur 49 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



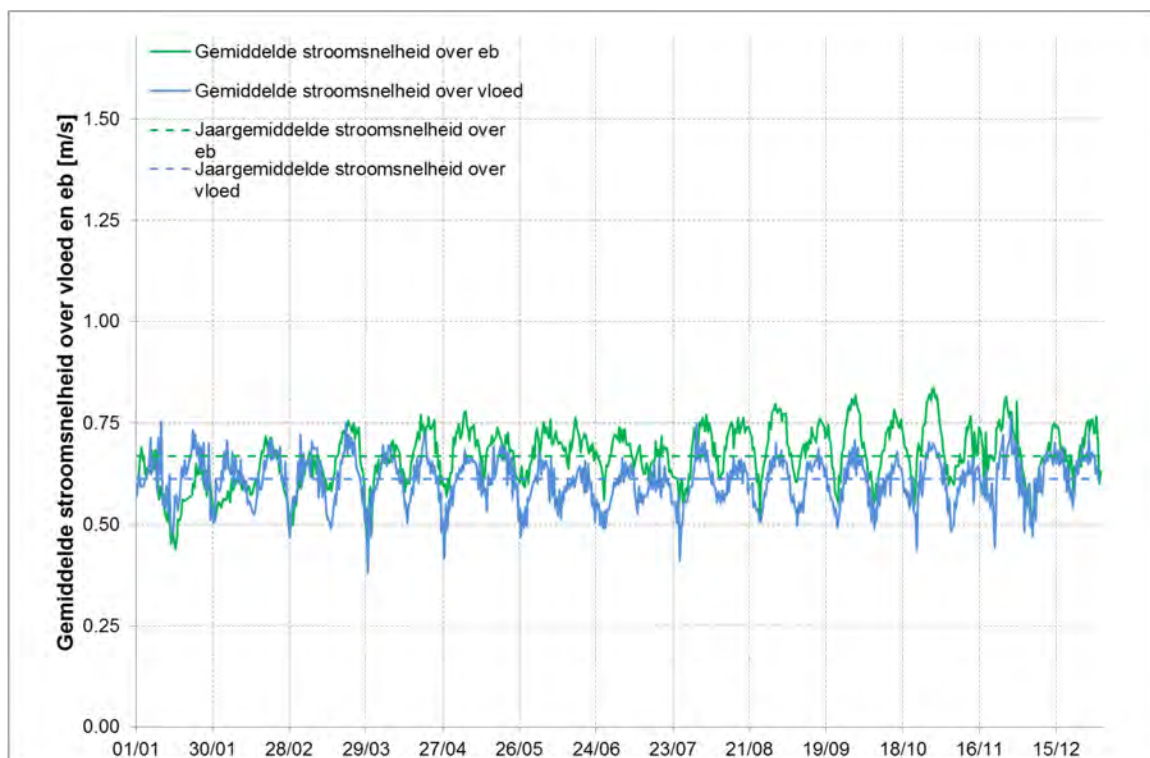
Figuur 50 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



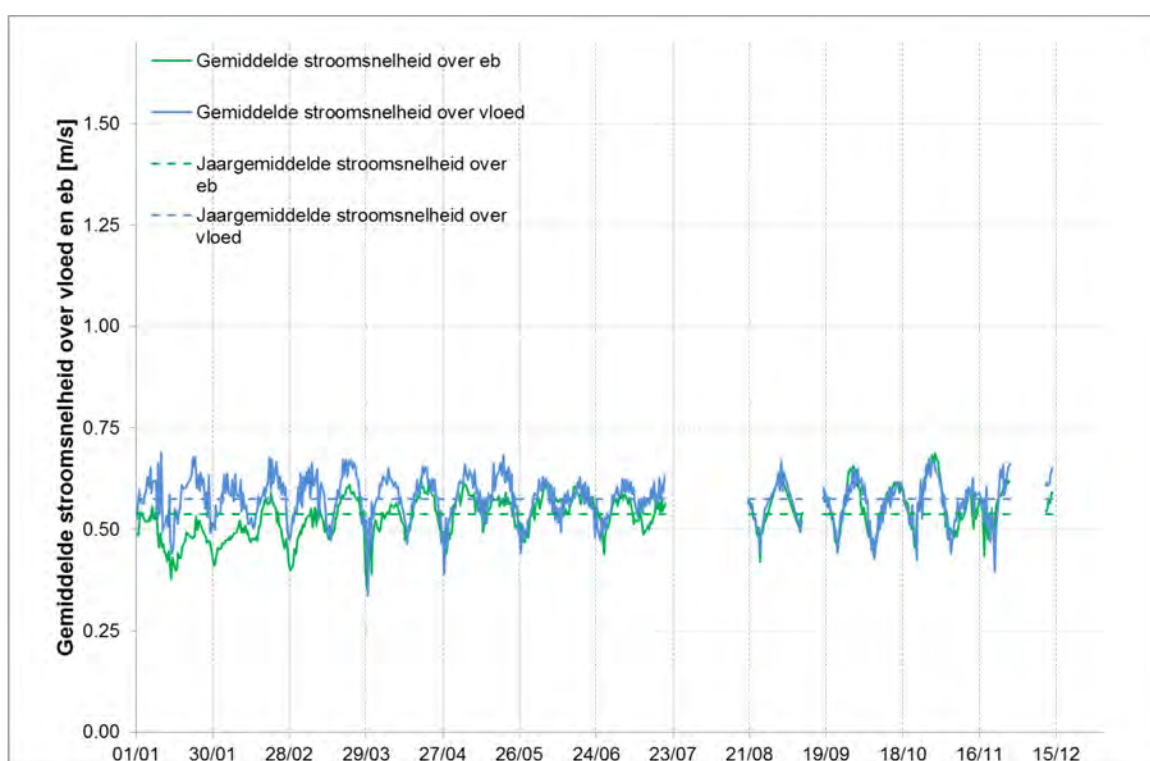
Figuur 51 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



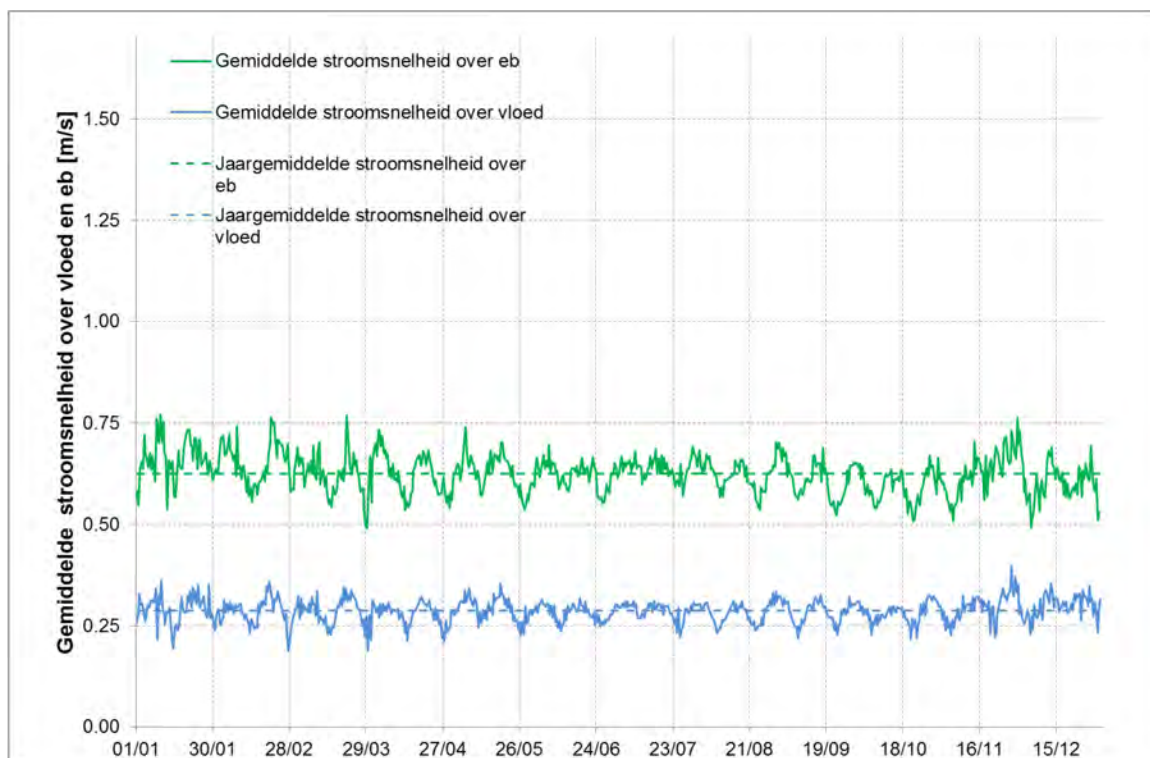
Figuur 52 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



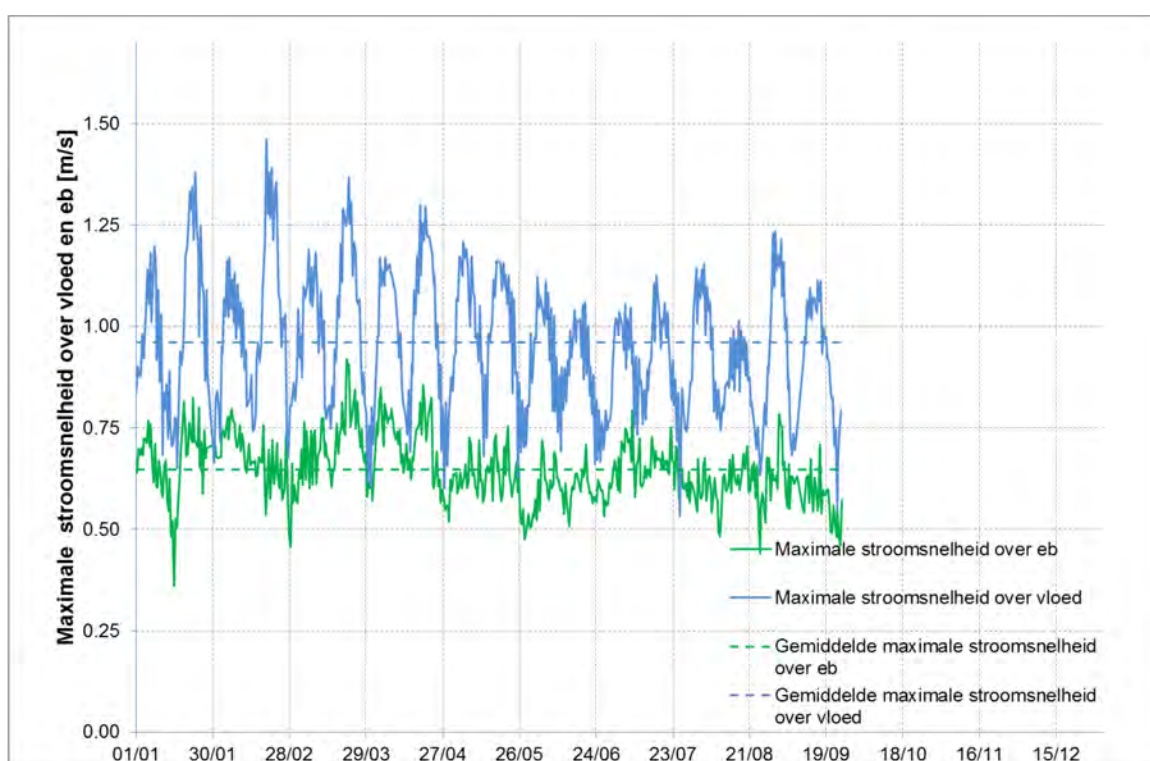
Figuur 53 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



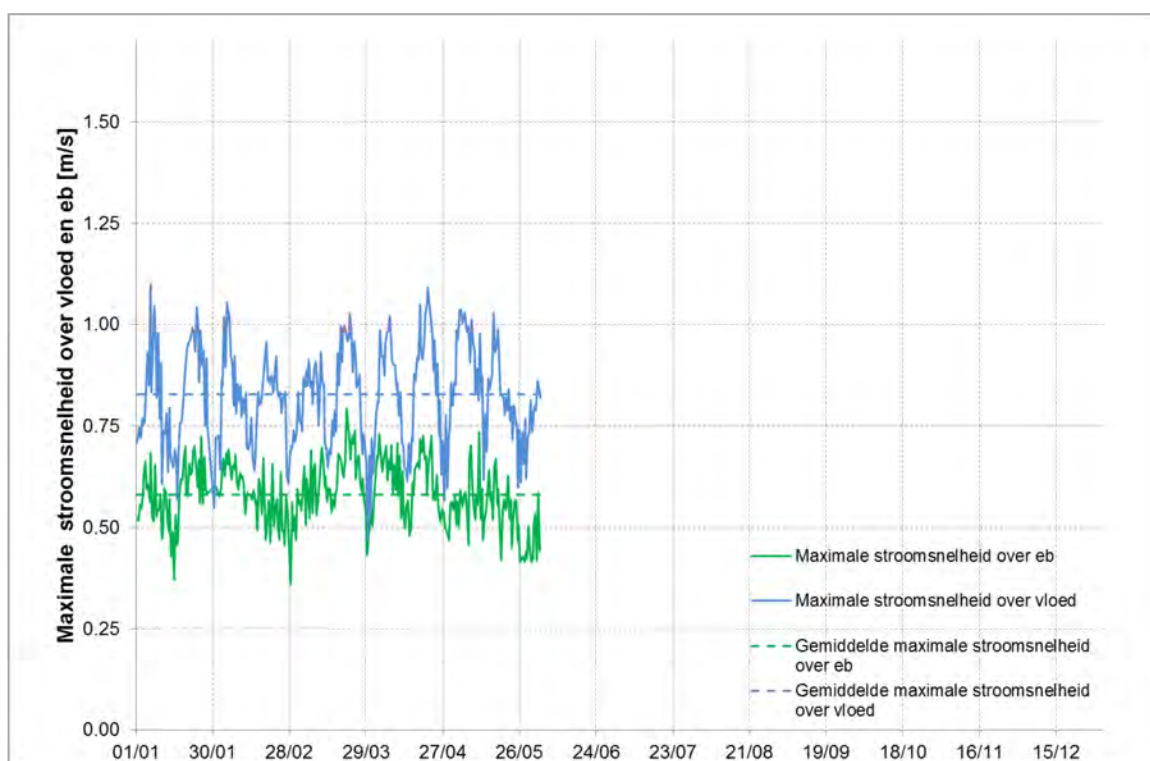
Figuur 54 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



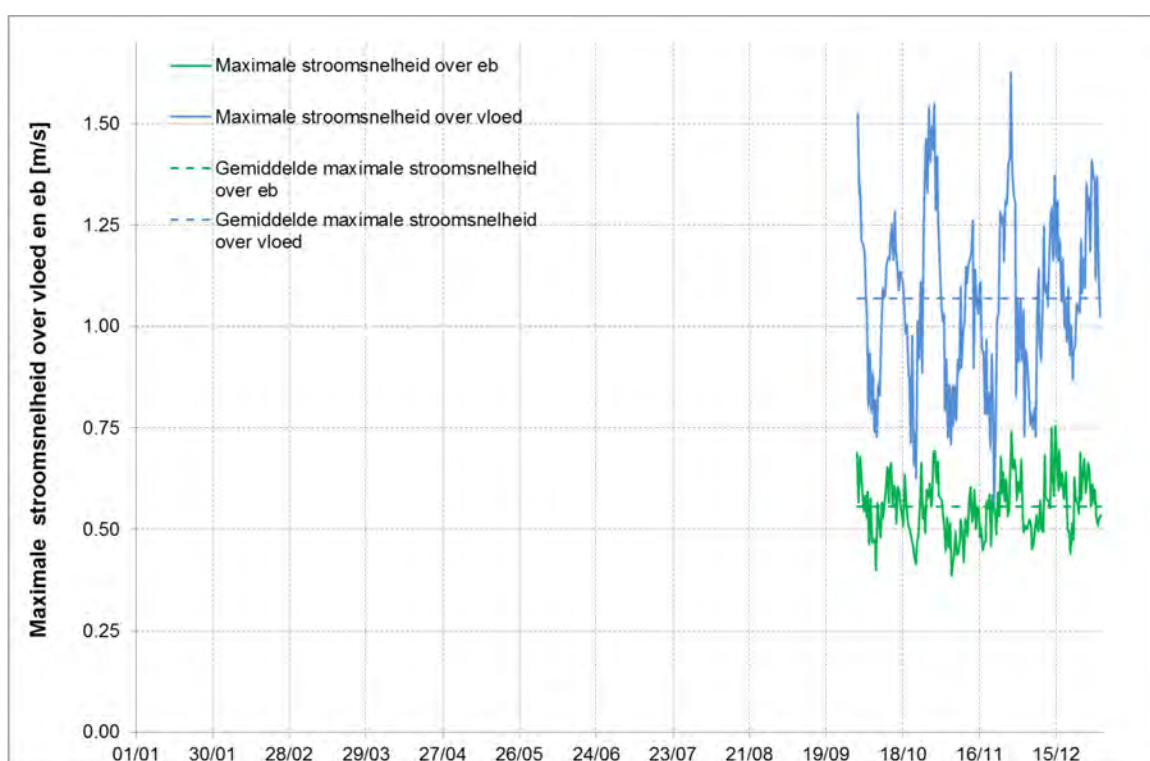
Figuur 55 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeescheldebekken) (2015)



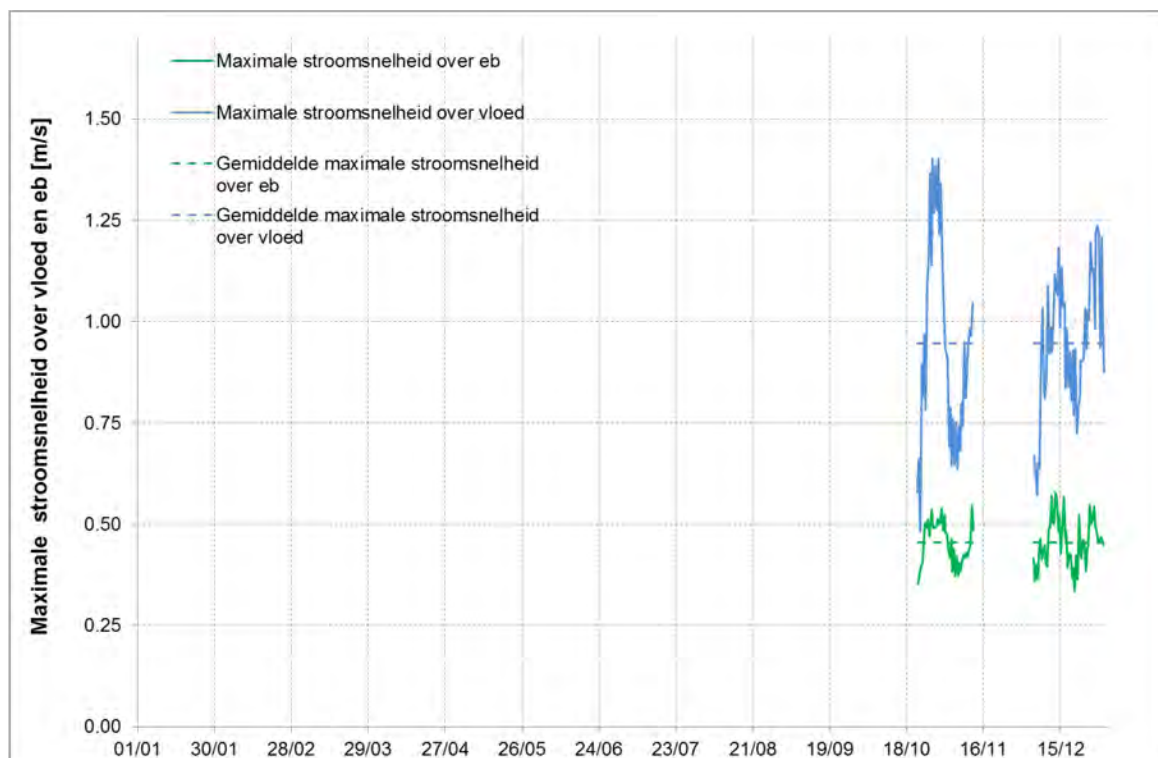
Figuur 56 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), bovenste meettoestel (2015)



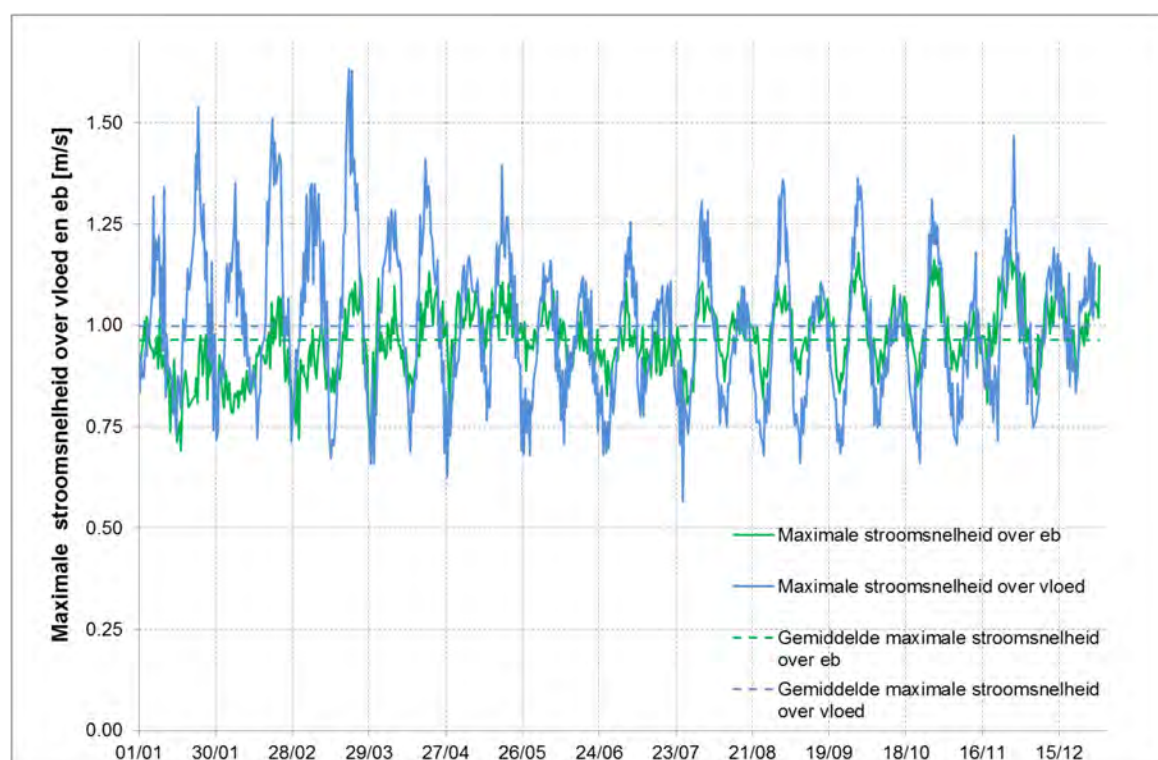
Figuur 57 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), onderste meettoestel (2015)



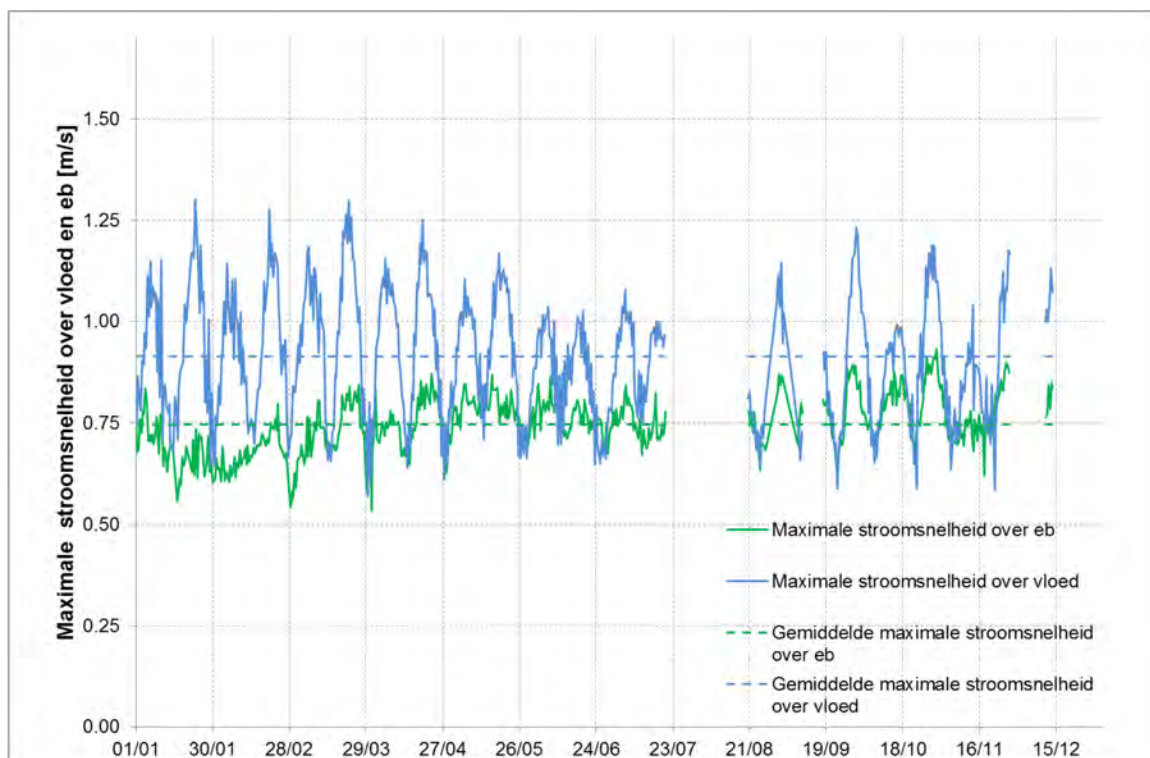
Figuur 58 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeescheldebekken), bovenste meettoestel (2015)



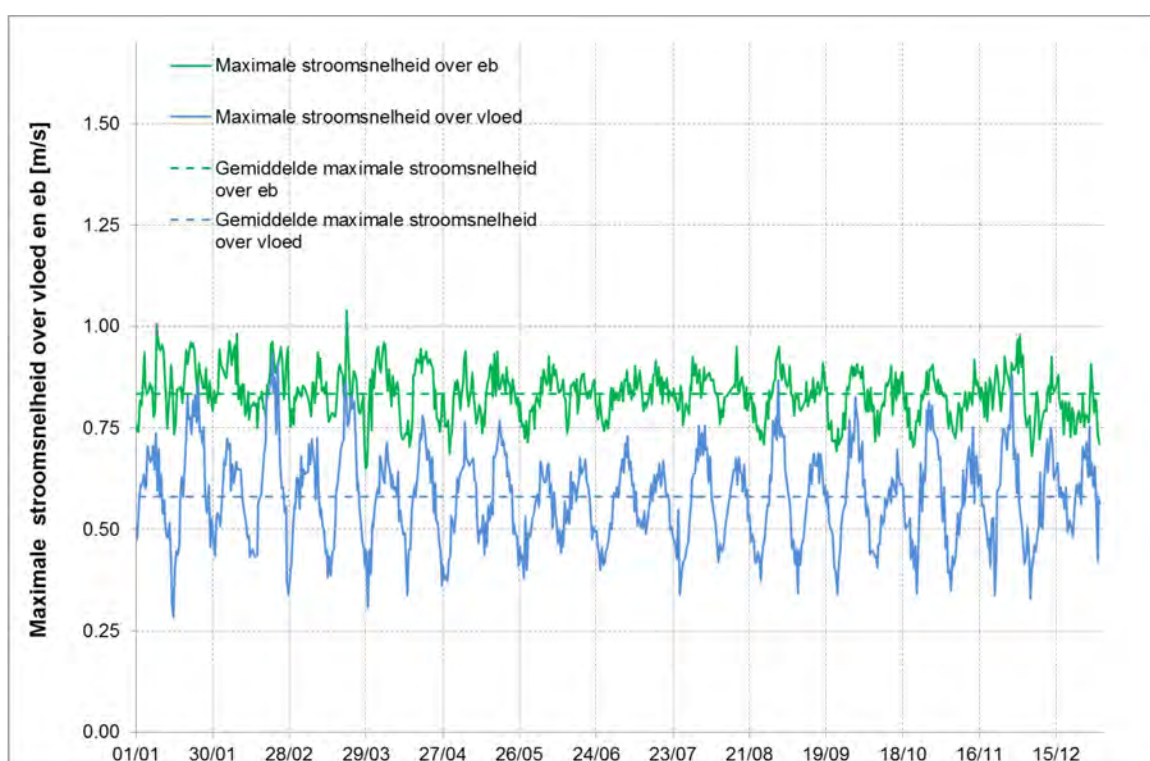
Figuur 59 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



Figuur 60 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



Figuur 61 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



Figuur 62 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)

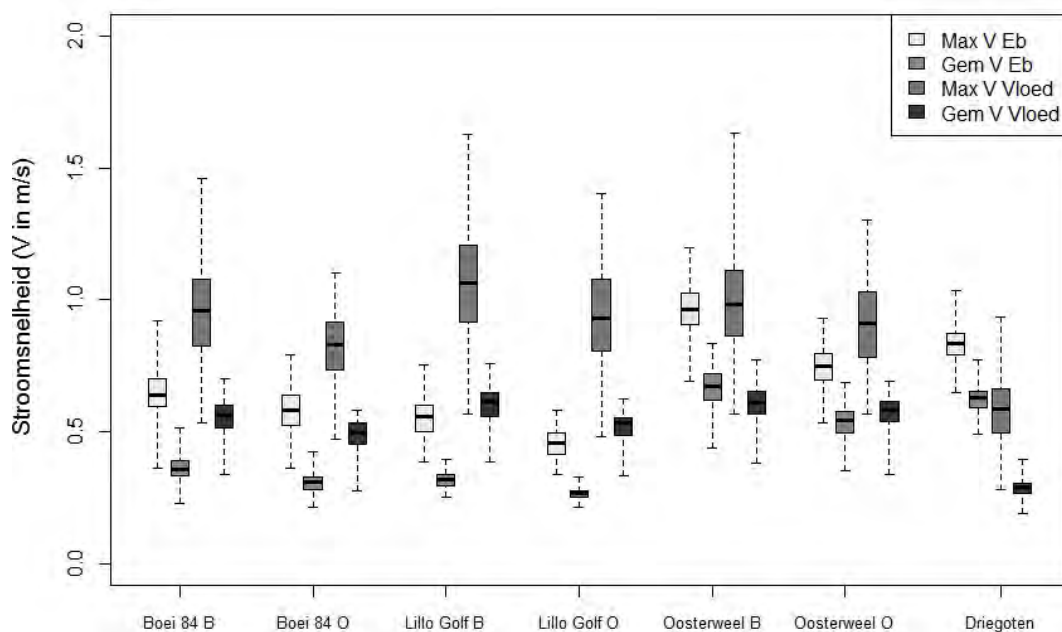
De maximale snelheden (Figuur 56 en Figuur 57) op deze locatie vertonen eenzelfde trend: de maximale stroomsnelheden bij vloed zijn steeds groter dan deze bij eb in dezelfde periode beschouwd. Maximum stroomsnelheden bij vloed gaan van 0,6 à 1,4 m/s (met bij het bovenste meettoestel uiteraard grotere snelheden dan bij het toestel vlak boven bodem) en bij eb gaat het van 0,5 tot 0,85 m/s. Deze ogenschijnlijke vloeddominantie is te wijten aan de plaatsing van het meettoestel op deze locatie, zoals te zien is in Figuur 64 waarin de verhouding van gemiddelde vloed- en gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij getoond worden zoals gemodelleerd in het kader van de habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2015).

Aangezien de metingen aan Lillo Meetpaal pas in oktober startten, en aan Lillo Meetpaal Onder slechte waarden voortbrachten, is het moeilijk om hier een patroon te beschrijven zoals te Boei 84. Maar aangezien beide posten in elkaars dichte nabijheid liggen, kunnen we ervanuit gaan dat de eerder beschreven trend voor beide posten geldt. Dit wordt ook gestaafd door de weinige metingen die wel correct zijn uitgevoerd. De range van de gemiddelde snelheid bij vloed aan het bovenste toestel (Figuur 51) is net als te Boei 84 van 0,35 tot 0,70 m/s, bij eb lijkt het interval wat kleiner: 0,25 tot 0,4 m/s. Aan het onderste toestel (Figuur 52) zijn zodanig weinig metingen correct uitgevoerd dat een inschatting van het interval niet mogelijk is. De maximale stroomsnelheden over eb en over vloed lijken ter hoogte van Lillo Meetpaal (Figuur 58 en Figuur 59) wel hoger te gaan dan aan Boei 84.

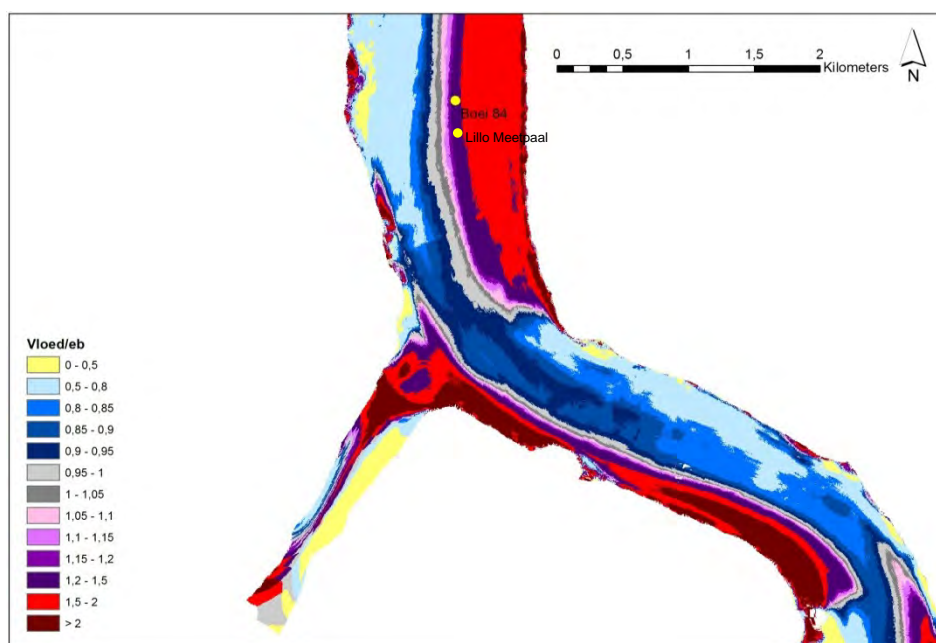
Te Oosterweel zijn (per meethoogte) de gemiddelde stroomsnelheden over vloed en over eb ongeveer gelijk; ze variëren tussen 0,35 en 0,7 m/s voor het toestel vlak boven de bodem (Figuur 61), en tussen 0,4 en 0,8 m/s voor het toestel net onder laag-laagwaterpeil (Figuur 53). Opvallend is dat tijdens de wintermaanden de gemiddelde vloodsnelheden groter zijn dan de ebsnelheden, maar de gemiddelde ebsnelheden toenemen in de zomermaanden. In het bovenste meettoestel (Figuur 60) worden ze zelfs groter dan de gemiddelde vloodsnelheden, terwijl ze in het onderste toestel de vloodsnelheden slechts kunnen evenaren (Figuur 61).

Ook deze verdeling van eb- en vloedstromingen is te wijten aan de plaatsing van het meettoestel, zoals te zien is in Figuur 65 waarin de verhouding van gemiddelde vloed- en gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij getoond worden zoals gemodelleerd in het kader van de habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2015).

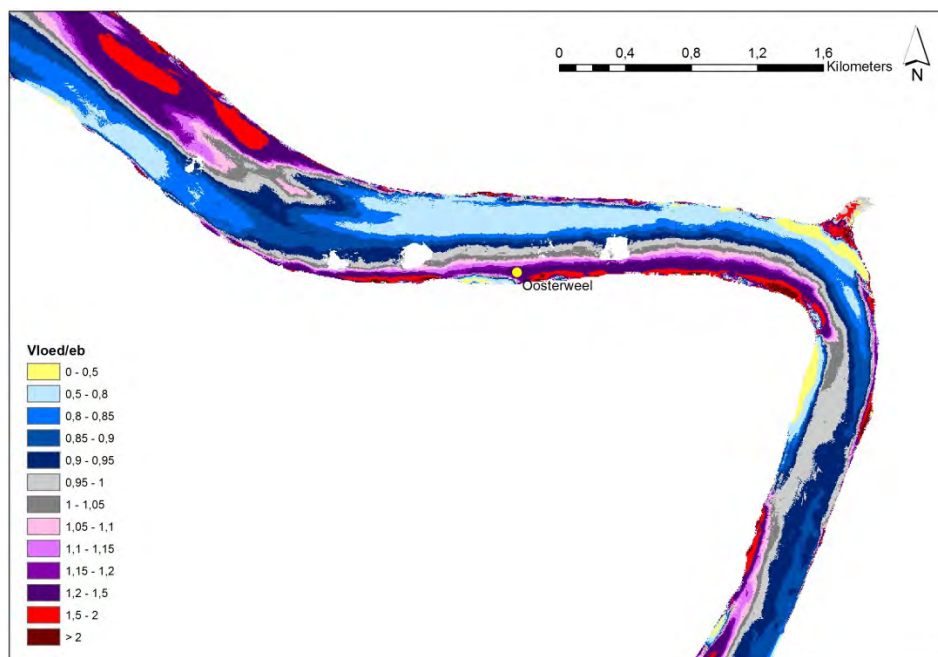
Wat betreft de stroomsnelheden te Driegoten is het patroon omgekeerd. Hier is zowel de gemiddelde als de maximale stroomsnelheid bij eb groter dan deze bij vloed. De gemiddelde stroomsnelheden (Figuur 55) schommelen hierbij rond 0,5-0,75 m/s bij eb en rond 0,25 m/s bij vloed. De maximale stroomsnelheden (Figuur 62) variëren van 0,75-1 m/s bij eb en van 0,35-0,8 m/s over vloed. Deze ogenschijnlijke ebdominantie is ook hier te wijten aan de plaatsing van het meettoestel op deze locatie. Figuur 66 toont de verhouding van gemiddelde vloed- en gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Driegoten zoals gemodelleerd in het kader van de habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2015).



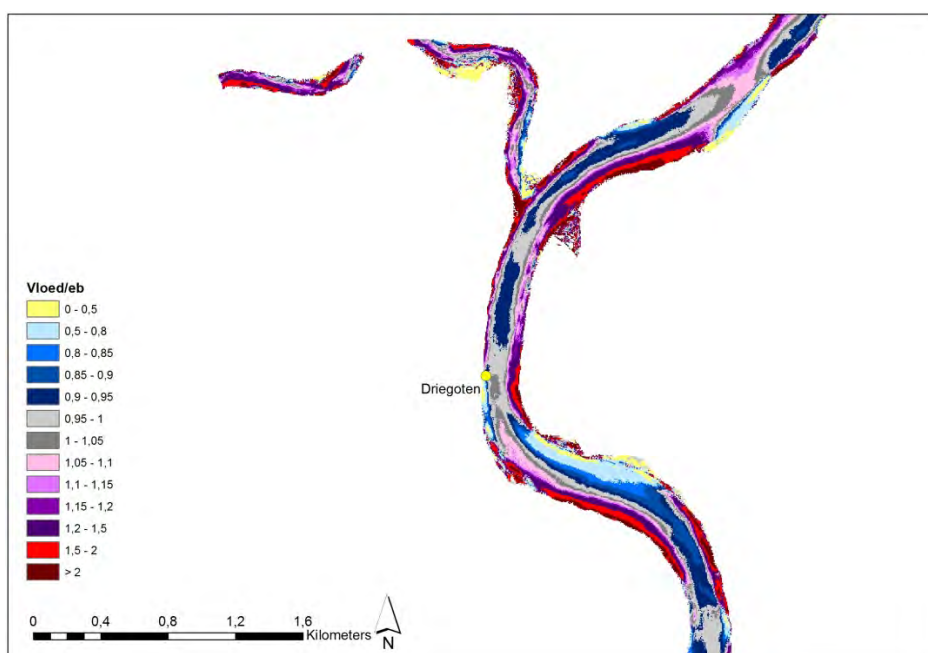
Figuur 63 - Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2015)



Figuur 64 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid, op basis van een Delft3D model ontwikkeld in het kader van habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2013), bij gemiddeld getij ter hoogte van Boei 84



Figuur 65 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid, op basis van een Delft3D model ontwikkeld in het kader van habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2013), bij gemiddeld getij ter hoogte van Oosterweel



Figuur 66 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid, op basis van een Delft3D model ontwikkeld in het kader van habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2013), bij gemiddeld getij ter hoogte van Driegoten

Tabel 13 en Tabel 14 geven bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de gemiddelde en de maximale stroomsnelheid over vloed en over eb voor de verschillende Aanderaa metingen in de Zeeschelde. Deze waarden tonen eveneens de vloed-dominantie stroomafwaarts ter hoogte van Boei 84, ten opzichte van de ebdominantie van de stroming ter hoogte van Driegoten, onder meer te wijten aan de respectieve meetlocaties in de dwarsdoorsnede.

Tabel 13 - Overzicht statistieken voor de gemiddelde stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2015).

	Gemiddelde snelheid over eb (m/s)				Gemiddelde snelheid over vloed (m/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei 84 boven*, †	0.23	0.36	0.51	0.05	0.34	0.56	0.70	0.06
Boei 84 onder*, †	0.22	0.31	0.42	0.04	0.27	0.49	0.58	0.05
Lillo Meetpaal boven*, †	0.25	0.32	0.39	0.03	0.38	0.60	0.76	0.07
Lillo Meetpaal onder*, †	0.22	0.27	0.33	0.02	0.34	0.52	0.63	0.06
Oosterweel boven	0.44	0.67	0.84	0.07	0.38	0.61	0.77	0.06
Oosterweel onder †	0.35	0.54	0.69	0.05	0.34	0.57	0.69	0.05
Driegoten	0.49	0.63	0.77	0.05	0.19	0.29	0.40	0.03

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

† Gegevens zijn gebaseerd op een onvolledige tijdsreeks, d.w.z. minder dan 90 % van de data kon als 'Good' beschouwd worden.

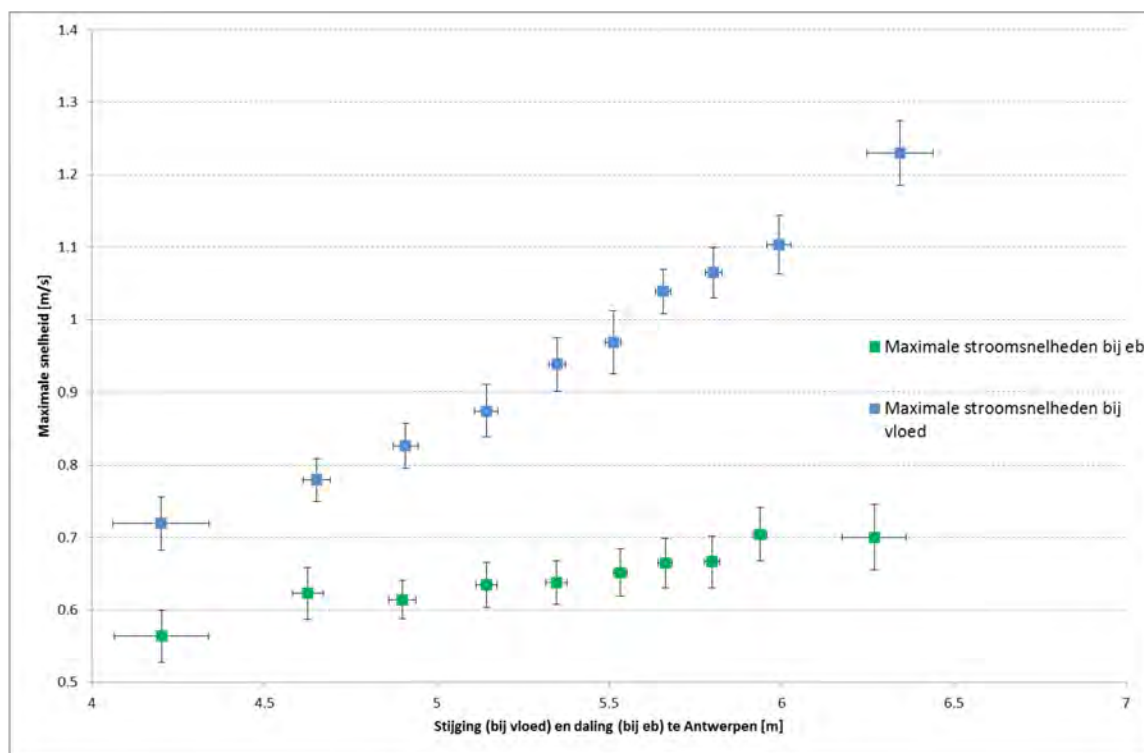
Tabel 14 - Overzicht statistieken voor de maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2015).

	Gemiddelde snelheid over eb (m/s)				Gemiddelde snelheid over vloed (m/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei 84 boven*, †	0.36	0.65	0.92	0.08	0.53	0.96	1.46	0.17
Boei 84 onder*, †	0.36	0.58	0.79	0.08	0.47	0.83	1.10	0.12
Lillo Meetpaal boven*, †	0.39	0.56	0.76	0.07	0.57	1.07	1.63	0.21
Lillo Meetpaal onder*, †	0.34	0.46	0.58	0.06	0.48	0.95	1.40	0.21
Oosterweel boven	0.69	0.96	1.20	0.09	0.57	1.00	1.63	0.18
Oosterweel onder †	0.53	0.75	0.93	0.07	0.57	0.91	1.30	0.15
Driegoten	0.65	0.83	1.04	0.06	0.28	0.58	0.93	0.11

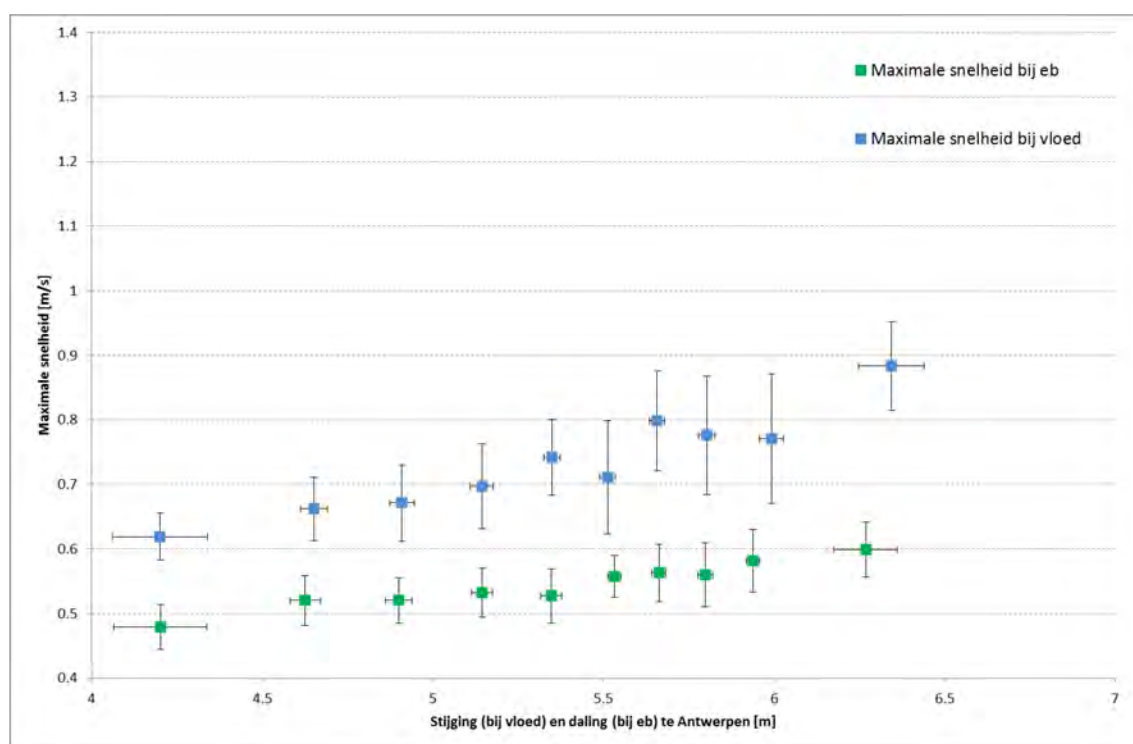
* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

† Gegevens zijn gebaseerd op een onvolledige tijdsreeks, d.w.z. minder dan 90 % van de data kon als 'Good' beschouwd worden.

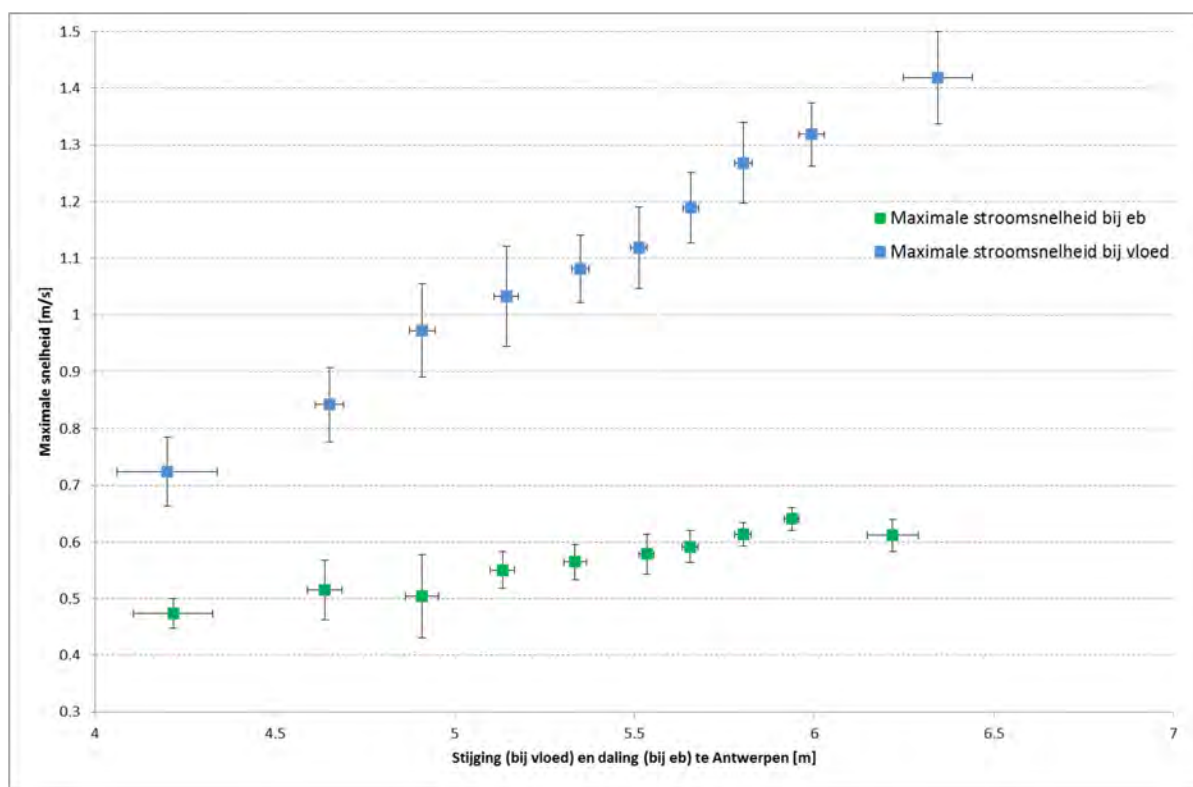
In Figuur 67 tot en met Figuur 73 wordt voor elke meetlocatie met Aanderaa toestellen (Boei 84, Lillo Meetpaal, Oosterweel en Driegoten) de maximale eb- en vloodsnelheid weergegeven in functie van de overeenkomstige daling respectievelijk stijging van het waterpeil te Antwerpen. Meer bepaald wordt de gemiddelde stroomsnelheid en de standaardafwijking voor elk stijging- en dalingpercentiel uitgezet.



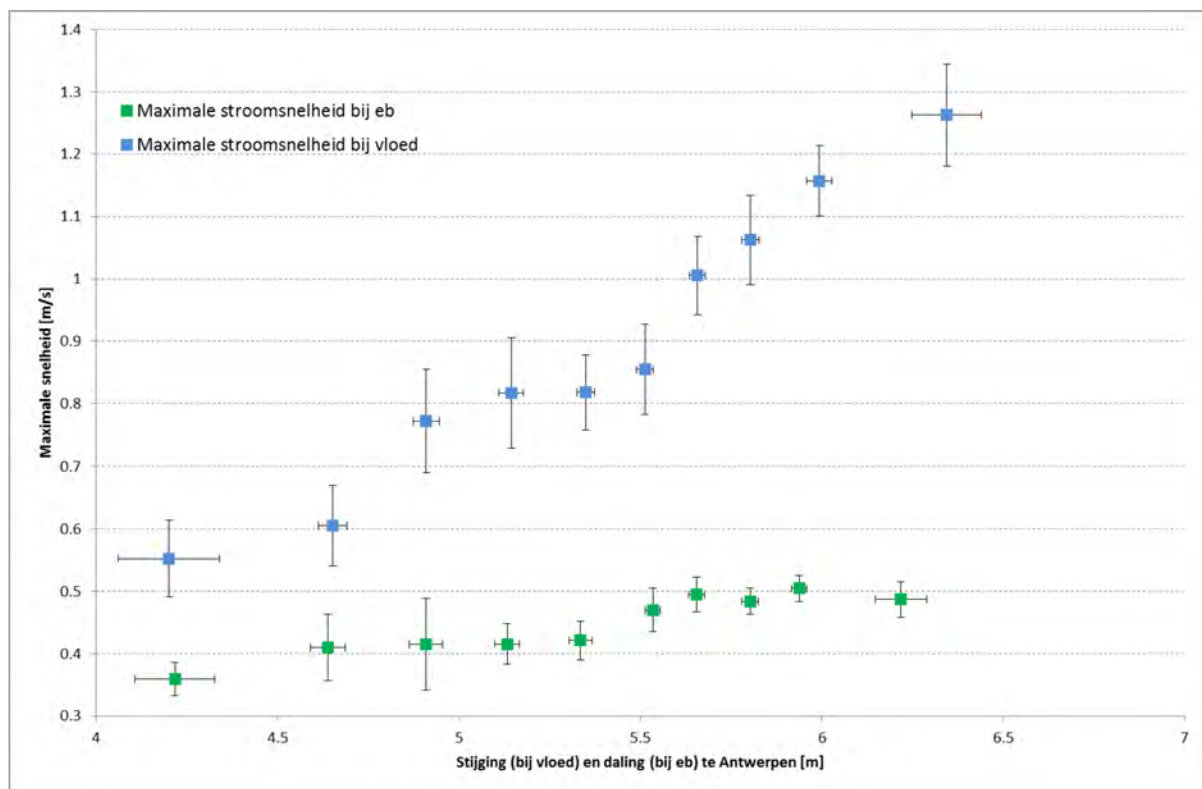
Figuur 67 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)



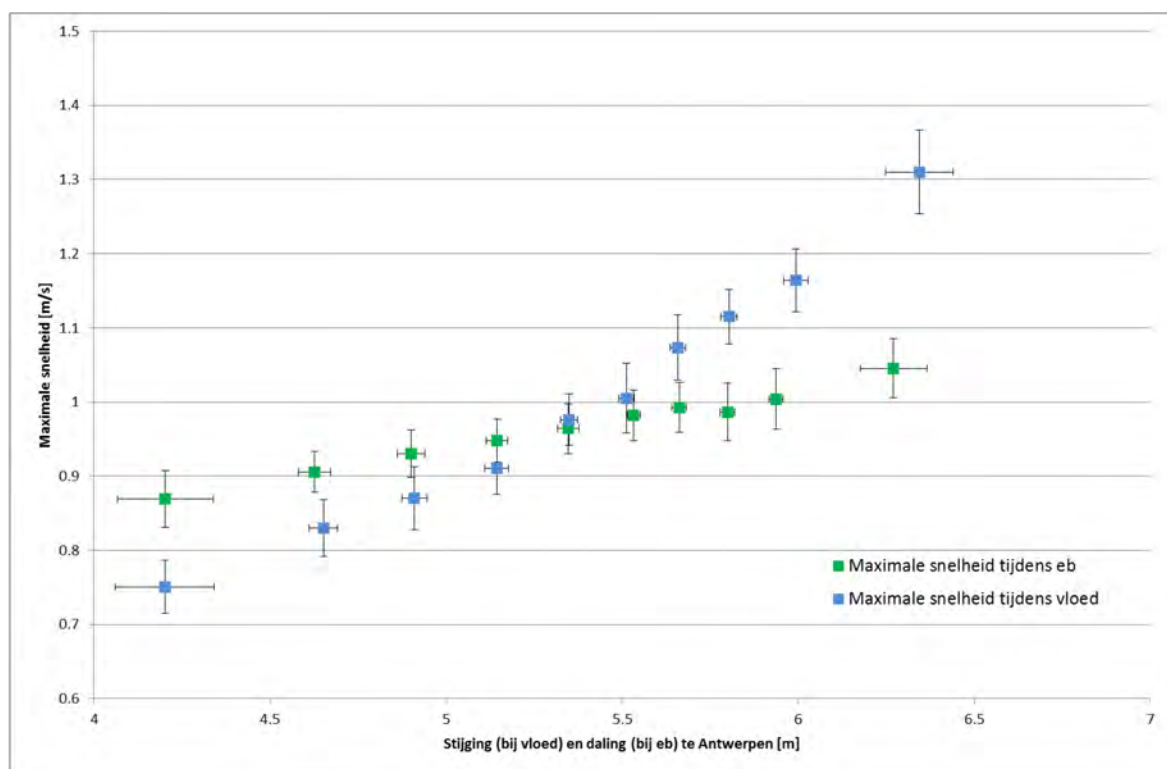
Figuur 68 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)



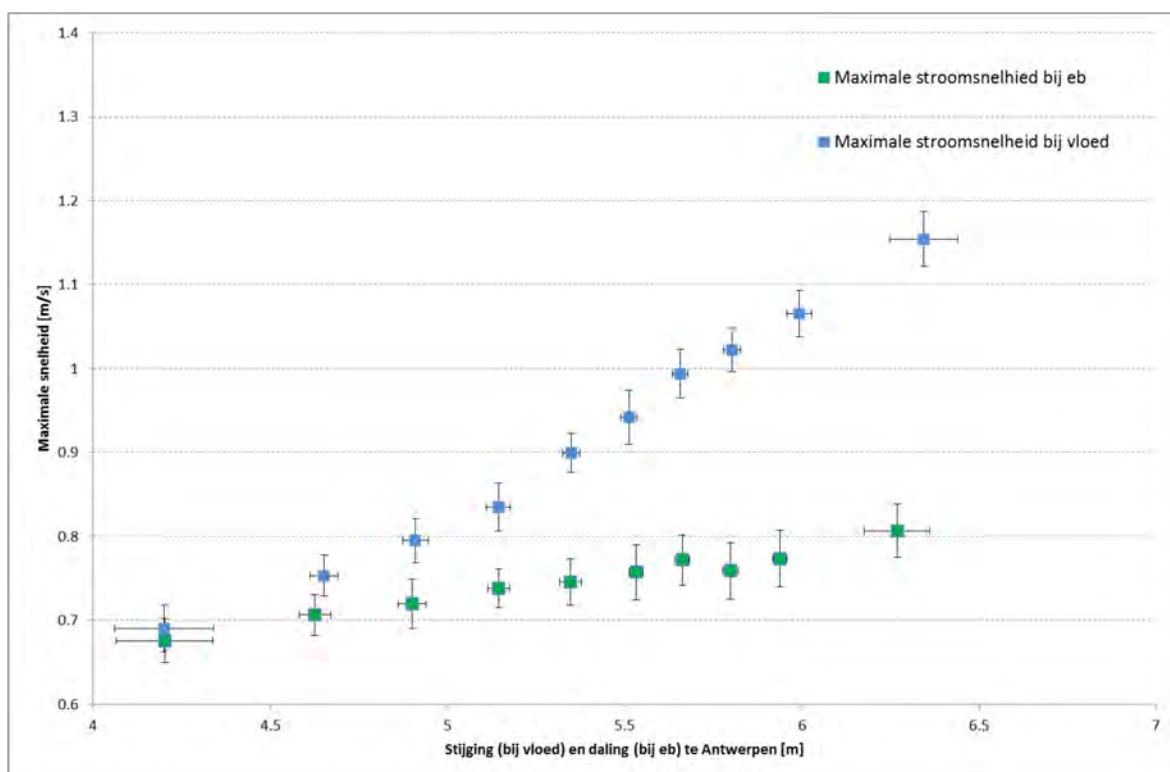
Figuur 69 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)



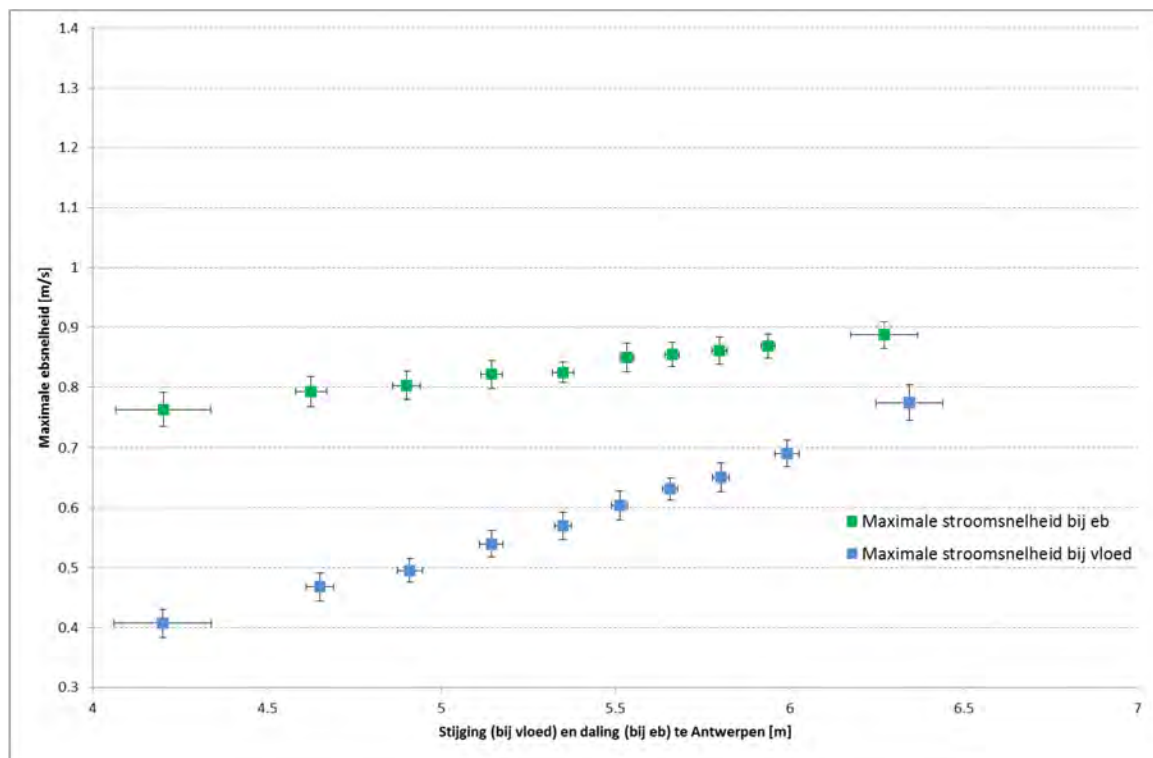
Figuur 70 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)



Figuur 71 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)



Figuur 72 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)



Figuur 73 - Maximale ebsnelheid en maximale vloodsnelheid te Driegoten (Beneden-Zeeschelde), versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2015)

Deze figuren vertonen logischerwijs een stijgend verloop: bij een grotere verandering van het waterpeil treedt een grotere snelheid op en vice versa. Een tweede vaststelling heeft betrekking op het bereik van de maximale snelheden dat duidelijk hoger ligt bij de bovenste meettoestellen in vergelijking met de onderste meettoestellen te Boei 84, Lillo Meetpaal en te Oosterweel. De stroomsnelheid is uiteraard kleiner vlak bij de bodem dan hoger in de waterkolom.

Ook uit deze figuren kan duidelijk de vloeddominantie te Boei 84 en de ebdominantie te Driegoten worden vastgesteld, die ten dele te wijten is aan de lokalisatie van de meettoestellen in de dwarsdoorsnede. Voor Boei 84 ligt, zowel voor het bovenste als onderste meettoestel, de range van maximale snelheden (i.e. percentielgemiddelden) bij eb volledig onder deze bij vloed. Ook ter hoogte van Lillo Meetpaal zijn de maximale snelheden bij vloed hoger dan bij eb, en vergroot het verschil tussen de twee naarmate de stijging of de daling te Antwerpen toeneemt. Te Driegoten kan het omgekeerde worden vastgesteld. Te Oosterweel valt het op dat bij een stijging of daling te Antwerpen, de maximale snelheden bij eb hoger zijn dan bij vloed, bij een langere stijging of daling keert dit echter op en zijn de maximale snelheden bij vloed hoger dan bij eb. Dit is vooral te merken aan het bovenste toestel. Bij het onderste toestel zijn de maximale snelheden over vloed altijd gelijk aan of hoger dan over eb.

Een overzicht van het verloop van de maximale eb- en vloodsnelheid in functie van de overeenkomstige daling resp. stijging van het waterpeil te Antwerpen doorheen de jaren 2008 t.e.m. 2014 is weergegeven in Bijlage.

4.1.3. Verloop temperatuur continue meetlocaties Zeeschelde

Zowel te Prosperpolder, Boei 84, Lillo Meetpaal, Liefkenshoek, Oosterweel, Hemiksem, Driegoten, Melle, Dendermonde, Eppegem en Duffel Sluis wordt de watertemperatuur op continue wijze gemeten. Zoals al hoger aangehaald, betekent "continu" een meting om de tien minuten (en te Melle, Dendermonde, Eppegem en Duffel Sluis zelfs om de vijf minuten). Hierna wordt voor deze meetlocaties het verloop van de temperatuur in 2015 gerapporteerd.

Voor de meetlocaties waar de Aanderaa-toestellen snelheidsrichting meten (Boei 84, Lillo Meetpaal, Oosterweel en Driegoten), zijn op basis van deze richting het moment van KHW en KLW afgeleid. Deze tijdstippen werden gebruikt om de temperatuur rond KHW en KLW te bepalen, als het extremum (minimum/maximum) binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering. Voor de locaties Prosperpolder, Liefkenshoek en Hemiksem werd het moment van kentering bepaald aan de hand van de hoog- en laagwater tijdreeksen van een tijdstip op dezelfde of nabijgelegen locatie en de conductiviteit op de desbetreffende locatie. Een derde methode die wordt gehanteerd om het moment van kentering af te bakenen gebruikt het gemeten debiet aan de meetposten. Deze methode wordt gebruikt bij de gegevens van Melle en Duffel Sluis. De meetposten Dendermonde en Eppegem zijn nog amper onderhevig aan getij en daar kan bijgevolg ook geen moment van kentering berekend worden.

Voor meting van watertemperatuur is de aanwezigheid van twee of meer metingen over de verticaal (te Boei 84, Lillo Meetpaal en Oosterweel) weinig relevant. Door de grote menging is er op eenzelfde ogenblik immers zeer weinig verschil in temperatuur tussen het bovenste en het onderste toestel.

Er is wel een verloop gedurende een tij, waarbij de mariene invloed een bufferende werking heeft: tijdens de zomer is het zeewater gemiddeld kouder dan de bovenafvoer, tijdens de winter is het zeewater gemiddeld warmer. Daarom is het interessant om de temperaturen in de Beneden-Zeeschelde, net zoals de saliniteiten, te bepalen bij de momenten van kentering. De posten meer stroomafwaarts zullen meer onderhevig zijn aan de bufferende werking van het zeewater, terwijl de posten meer stroomopwaarts en aan de bovenlopen meer onderhevig zijn aan de grillige temperaturen van de veranderende bovenafvoer.

Zoals eerder vermeld kan het voorkomen dat een toestel niet of niet correct meet. Deze periodes kunnen herkend worden in de data als periodes zonder waarden (Missing), of met onbetrouwbare waarden (Suspect). In Tabel 15 werd de verdeling van de kwaliteitsvlaggen opgenomen voor de gemeten temperatuur in 2015. De gegevens verzameld aan Boei 84 en Lillo Meetpaal vertonen veel missings doordat de meetpost in oktober van Boei 84 naar Lillo is verhuisd. Ter hoogte van de andere meetposten werd er wel een heel jaar gemeten, maar het toestel Oosterweel Onder had enkele defecten aan de opstelling, waardoor 23,83 % van de data 'Missing' is. Hoewel er weinig problemen worden ondervonden bij het registreren van de temperatuur, werd in Liefkenshoek toch 6,56 % van de data als onbetrouwbaar gevlagd.

Tabel 15 - Verdeling kwaliteitsvlaggen voor de parameter temperatuur, 2015.

	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Prosperpolder	99,66	0,05	0	0	0,28
Boei 84 Boven*	69,72	0,02	0	0	30,25
Boei 84 Onder*	69,42	0,03	0	0	30,53
Lillo Meetpaal Boven*	25,14	0	0	0	74,84
Lillo Meetpaal Onder*	21,61	0	0	0	78,38
Liefkenshoek	92,17	6,56	0	0	1,25
Oosterweel Boven	97,85	0	0	0	2,13
Oosterweel Onder	76,15	0	0	0	23,83
Hemiksem	99	0,04	0	0	0,94
Driegoten	98,67	0,01	0	0	1,31
Melle	99,90	0	0	0	0,09
Duffel Sluis	97,06	0,01	0	0	2,92
Eppegem	93,90	0,09	5,79	0	0,20
Dendermonde	97,88	0,22	0	0	1,87

* De meetposten werden in September 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

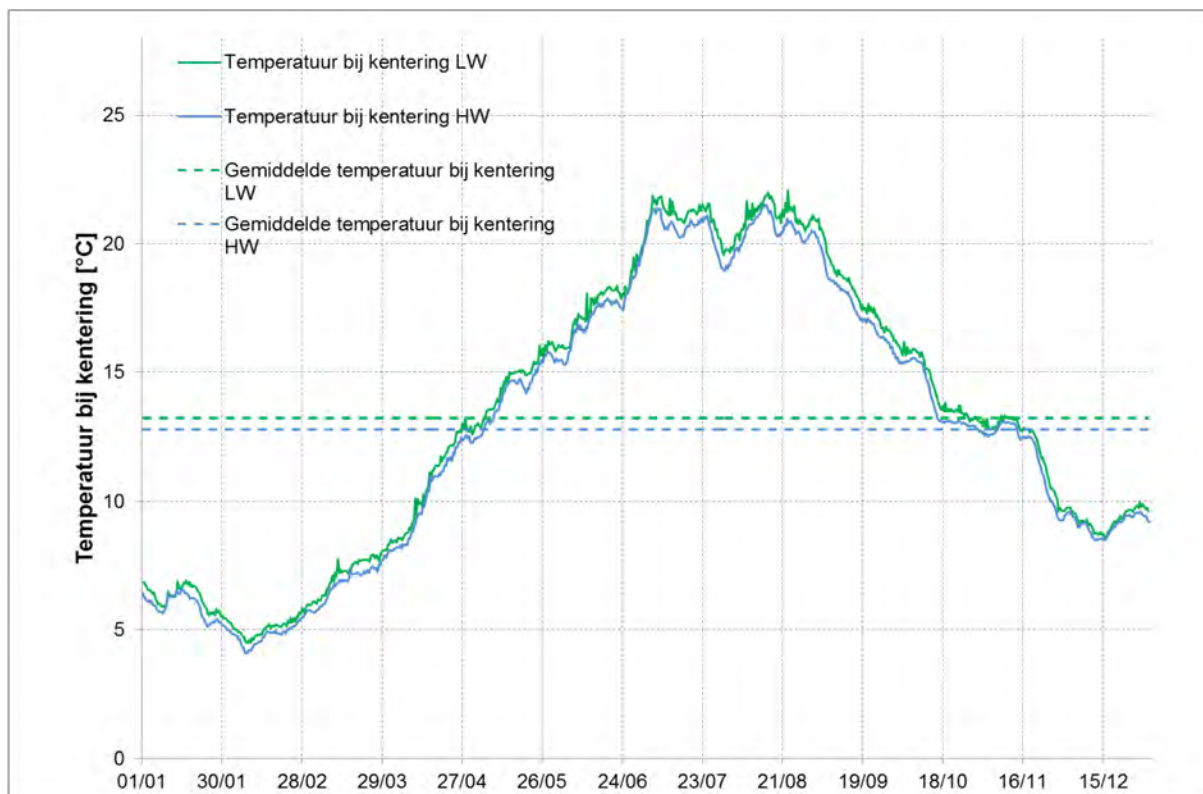
Figuur 74 tot en met Figuur 85 geven het temperatuursverloop in 2015 bij KHW en KLW weer voor alle locaties. Het algemene temperatuursverloop over een jaar is op alle plaatsen uiteraard duidelijk en zeer vanzelfsprekend, nl. meegaande met de luchttemperatuur dus mooi seizoenaal. Hierbij valt het dal rond februari op, zijnde een klassieke vorstperiode. Het maximum wordt al bereikt eind juni, en zet zich door tot eind augustus, met een iets koudere periode eind juli – begin augustus.

Het temperatuursverloop aan Boei 84 (Figuur 75 en Figuur 76) toont dat het Schelde-water onafhankelijk van de seizoenen bijna altijd iets kouder is bij KHW dan bij KLW. Alhoewel hier geen vier volledige seizoenen konden opgemeten worden door de afbraak van de meetpost eind september, wordt dit algemene beeld toch bevestigd. Vloed brengt van afwaarts kouder water aan tot een tijdelijk minimum wordt bereikt waarna het, met eb, weer warmer wordt. Het temperatuursverschil is niet constant, en hangt af van het tijverskil: hoe groter het tijverskil des te groter het verschil in temperatuur bij de kenteringen. Zo loopt het verschil tussen de temperatuur bij KHW en bij KLW te Prosperpolder (meest stroomafwaarts) op tot 1,7 °C, met een gemiddeld verschil van 0,4 °C, terwijl dergelijk gemiddeld temperatuurverschil te Melle beperkt blijft tot gemiddeld 0,01°C.

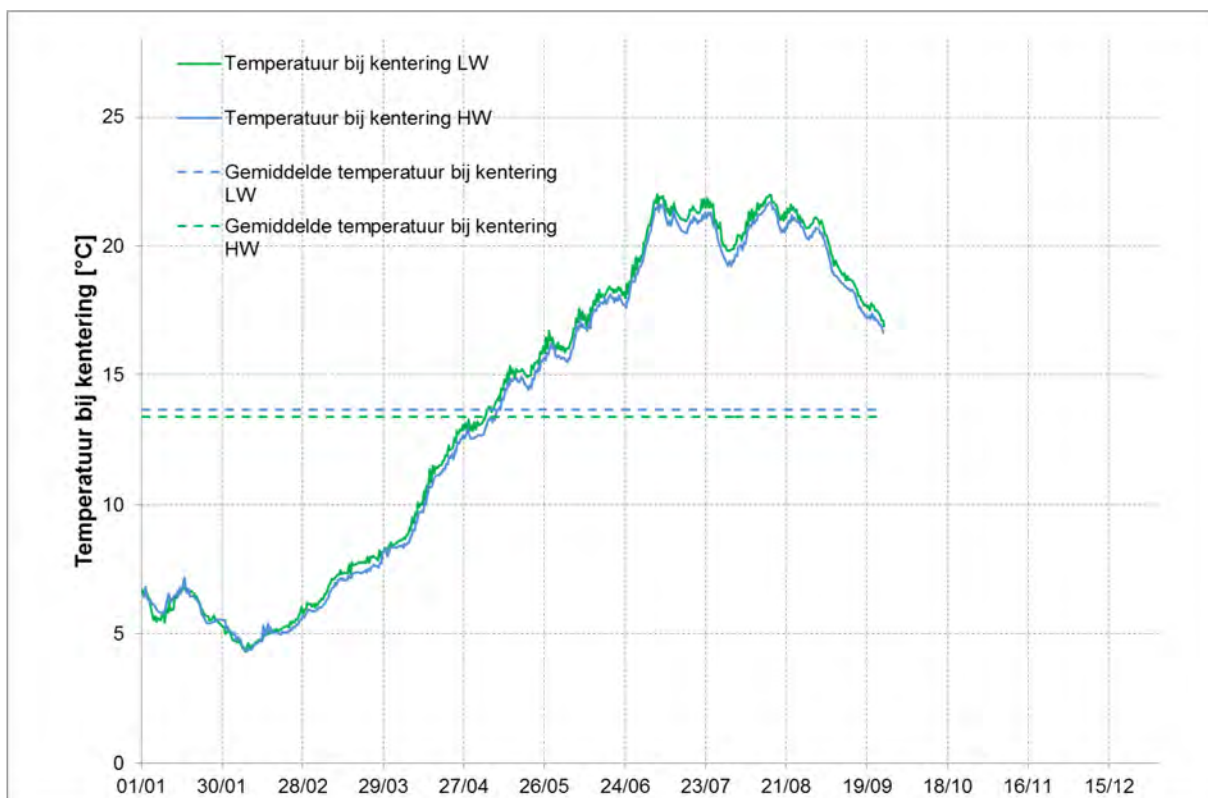
Het temperatuursverloop te Oosterweel (Figuur 80 en Figuur 81) wijkt daar iets van af. Daar speelt het "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde een rol: de thermische lozingen van elektriciteitscentrales en vanuit diverse, vnl. petrochemische, industrieën. Dat mag echter niet zomaar veralgemeend worden tot temperatuursmetingen op andere locaties. Of KHW warmer dan wel kouder is dan KLW kan dus niet aan een "warmere" of aan een "koudere" periode worden gerelateerd. Wel is te zien dat bij afkoeling (winter + nazomer + herfst + begin van nieuwe winter) het een omgekeerd beeld geeft van wat aan Boei 84 het hele jaar door geobserveerd: de watertemperatuur is bij KHW hoger dan bij KLW; in 2015 was dit op te merken tijdens de maanden januari-februari en september-december (indien Lillo Meetpaal als verderzetting van de gegevens aan Boei 84 worden beschouwd). In warme jaren kan het beeld evenwel wisselend zijn al naargelang warmer of kouder weer, of al naargelang warm of koud weer persistent aanhoudt. Dan kan het voorkomen dat de temperatuur te Oosterweel bij KHW toch iets kouder is dan bij de omringende KLW's. Ook te Liefkenshoek (Figuur 79) ligt de watertemperatuur bij kentering laagwater lager tijdens januari en februari. Tussen maart en december lopen de watertemperaturen bij KHW en deze bij KLW nagenoeg samen. Te Hemiksem (Figuur 82) tonen beide watertemperaturen de eerste zeven maanden van 2015 een te verwachten verloop, tussen augustus en november is watertemperatuur bij KHW weer hoger dan bij KLW.

Te Driegoten (Figuur 83) is het verschil tussen temperatuur bij KHW en KLW weer amper merkbaar. Bij hogere temperaturen is de temperatuur tijdens KLW telkens iets hoger dan bij KHW.

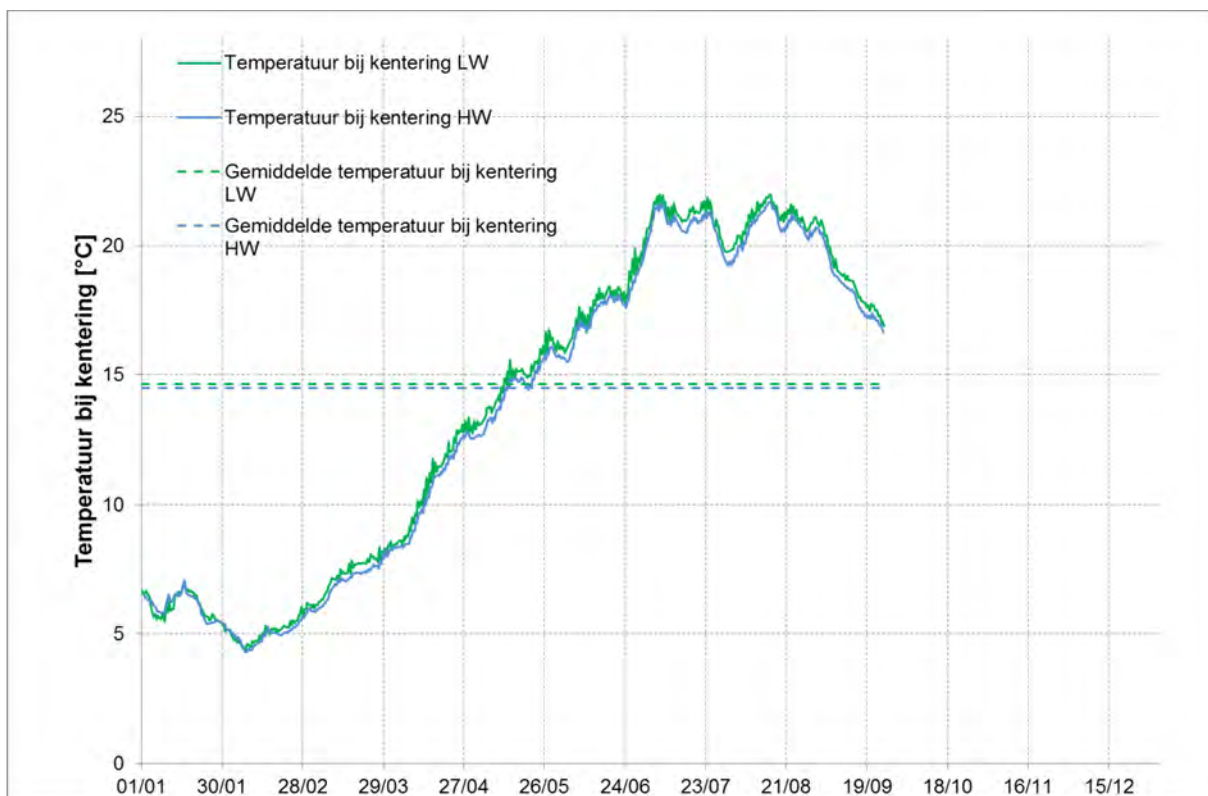
Te Duffel Sluis (Figuur 85) is het verschil in watertemperatuur tijdens beide kenteringen miniem. Al kan opgemerkt worden dat tijdens de zomermaanden de watertemperatuur bij KHW iets hoger zijn dan bij KLW.



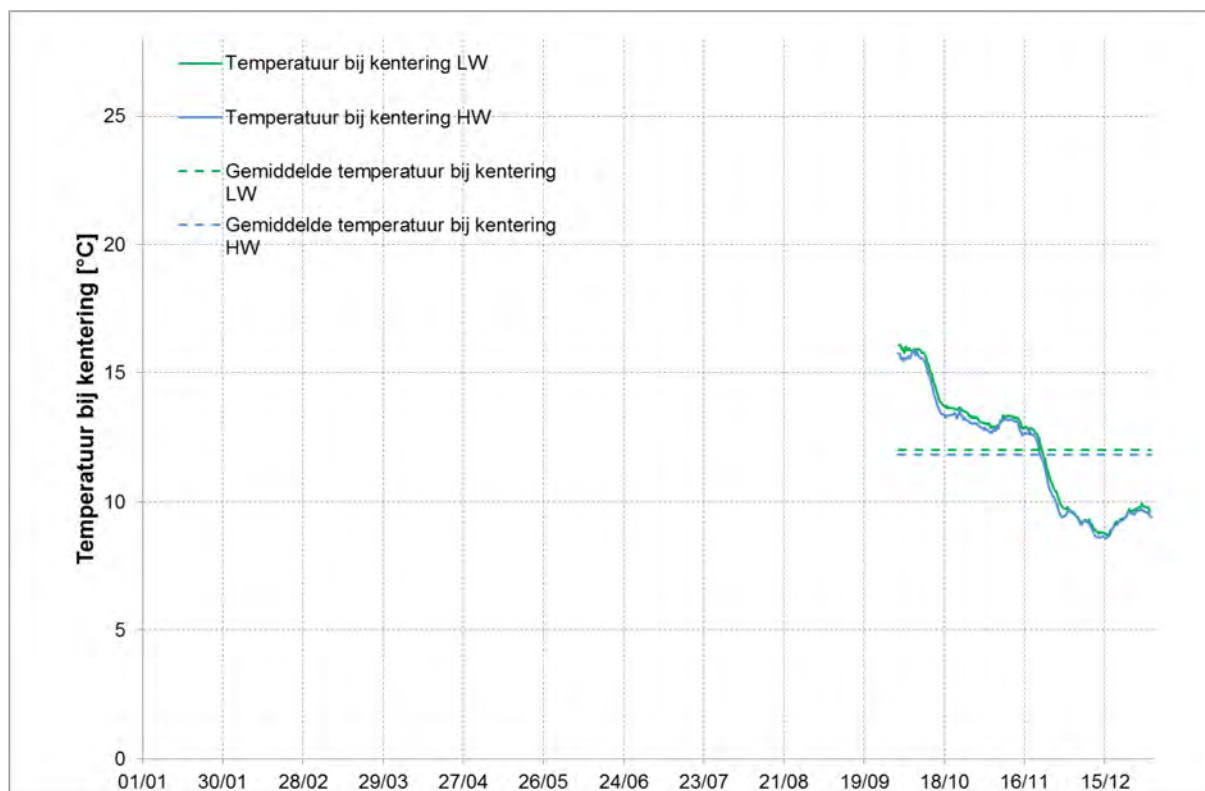
Figuur 74 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde) (2015)



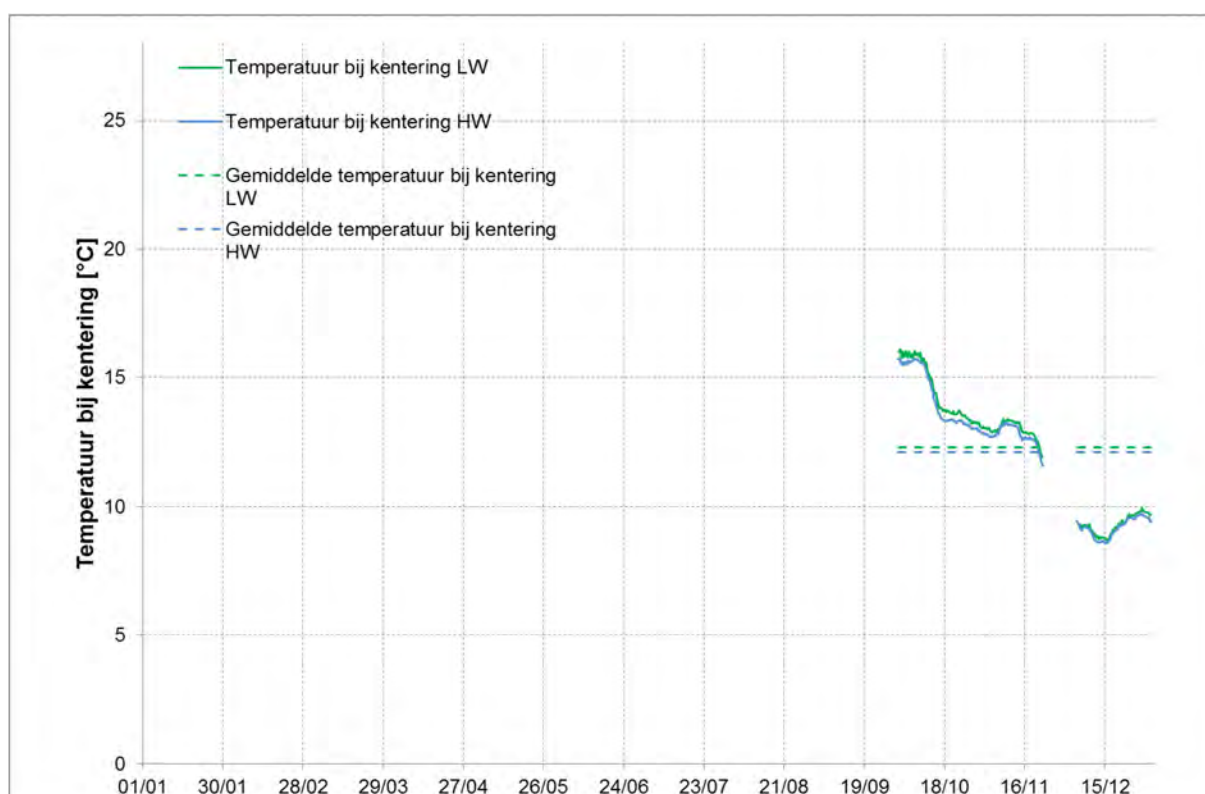
Figuur 75 - Temperatuur [°C] bij KHW en K LW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



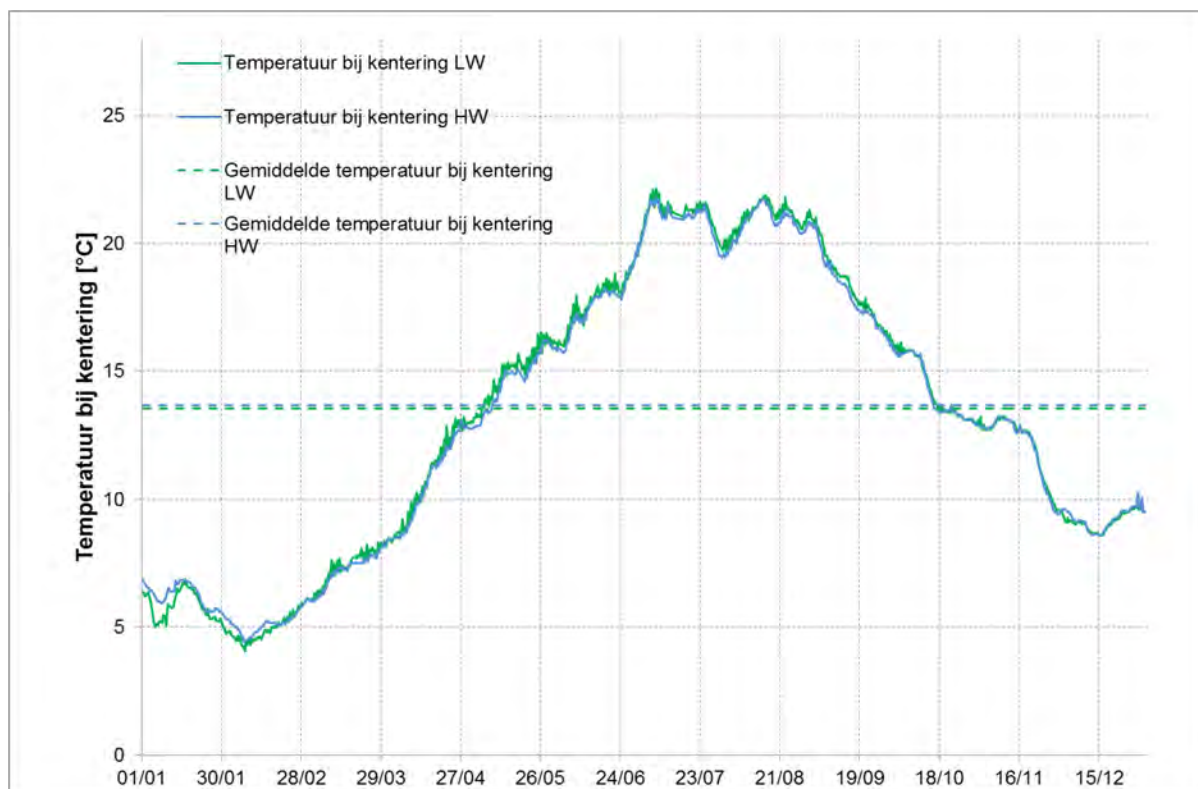
Figuur 76 - Temperatuur [°C] bij KHW en K LW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



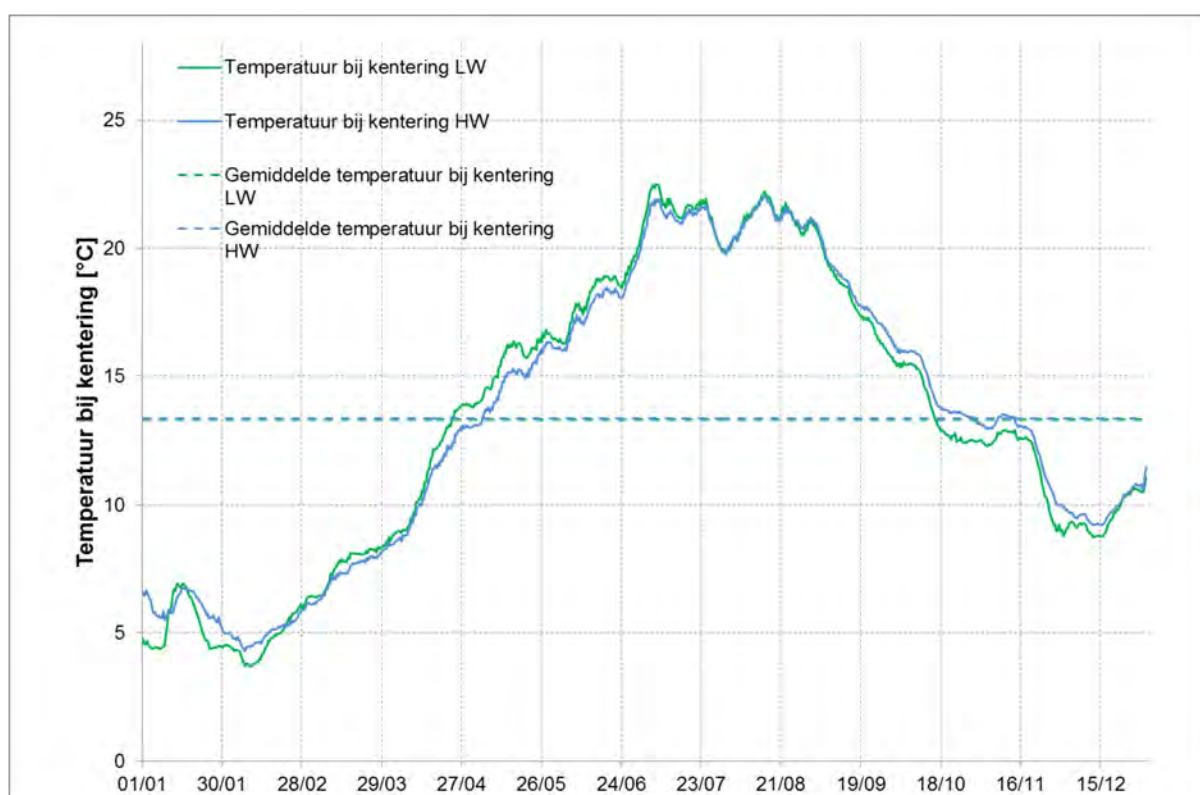
Figuur 77 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



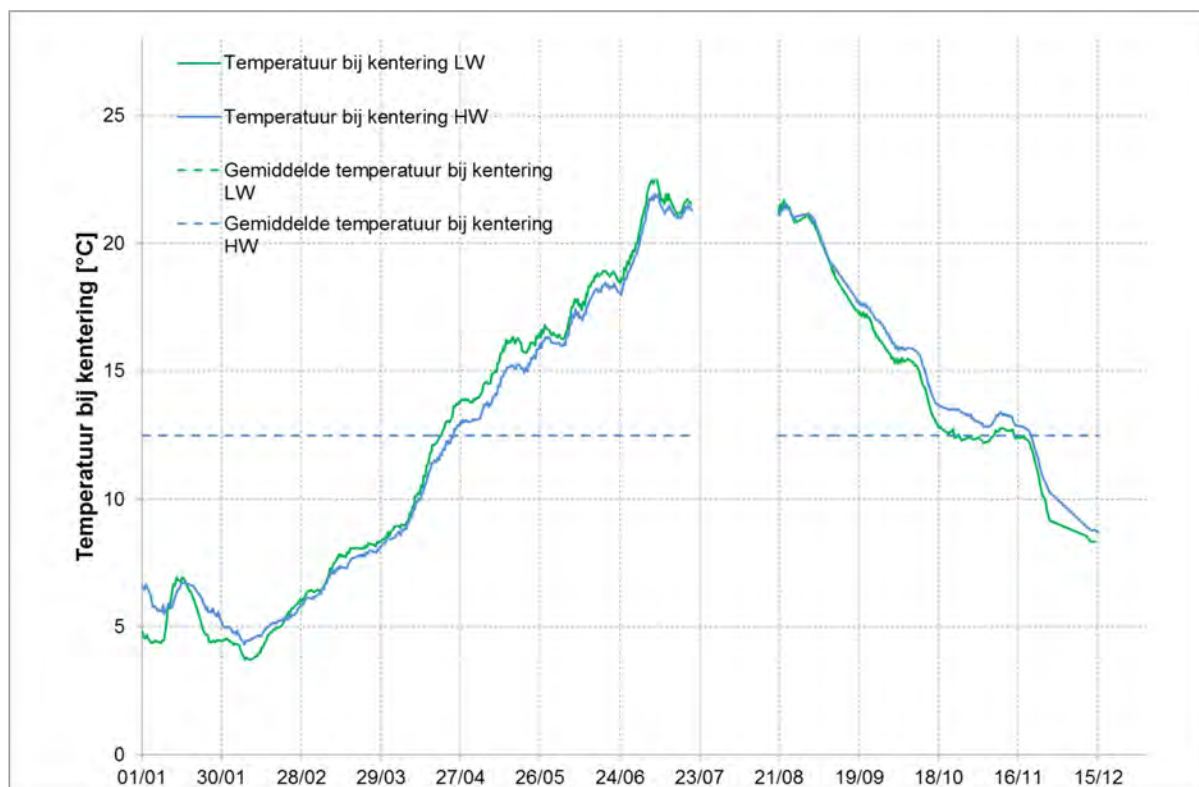
Figuur 78 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Lillo Meetpaal (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



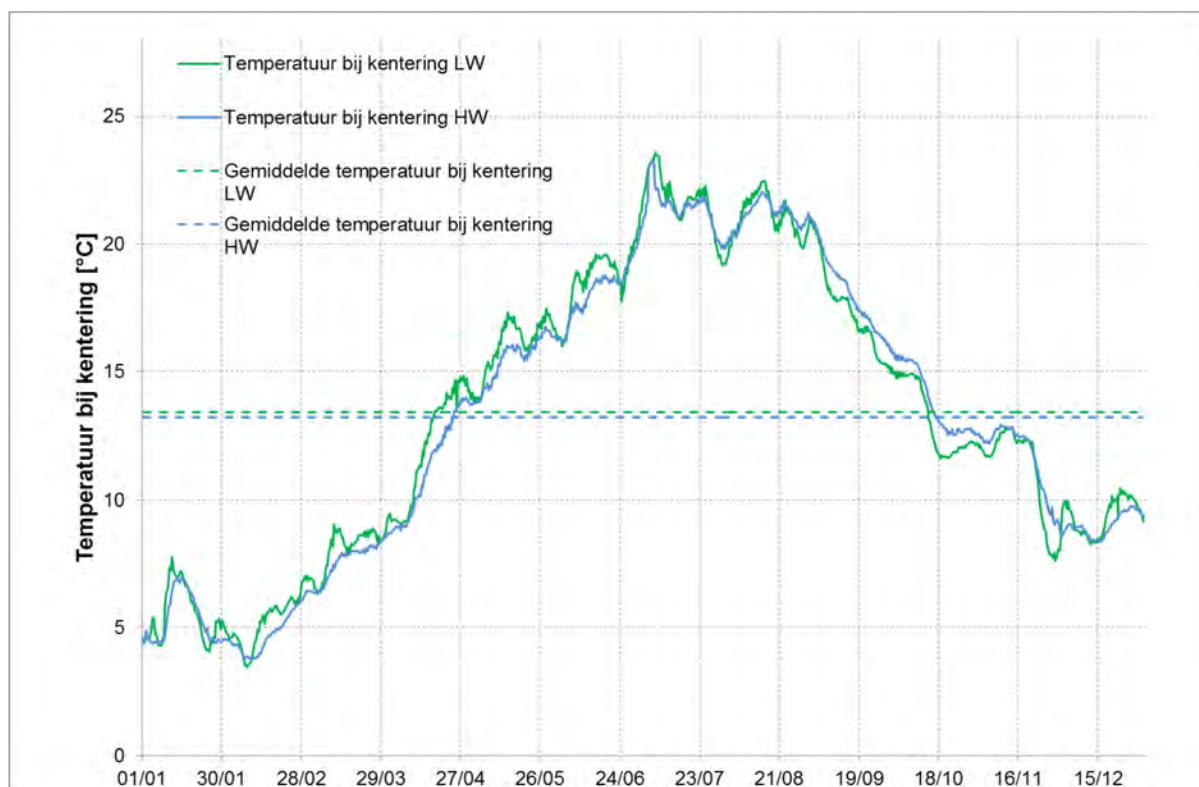
Figuur 79 - Temperatuur [°C] bij KHW en K LW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) (2015)



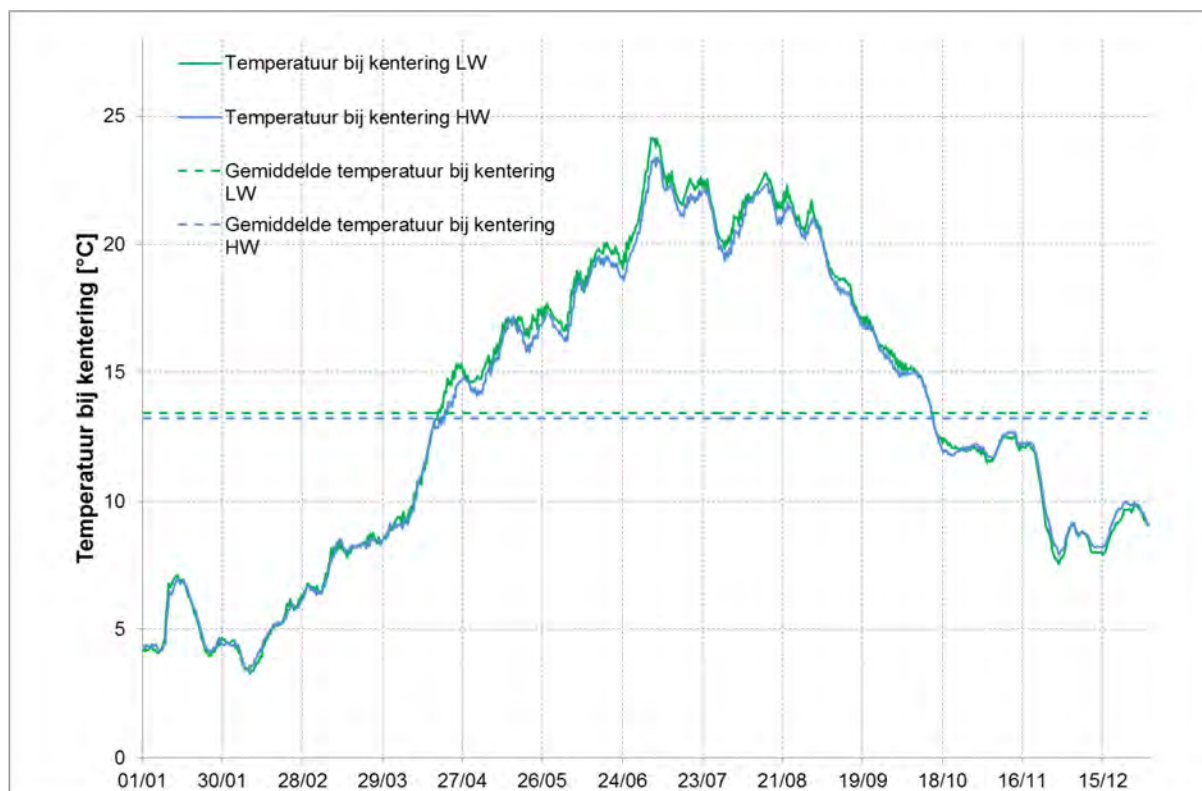
Figuur 80 - Temperatuur [°C] bij KHW en K LW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



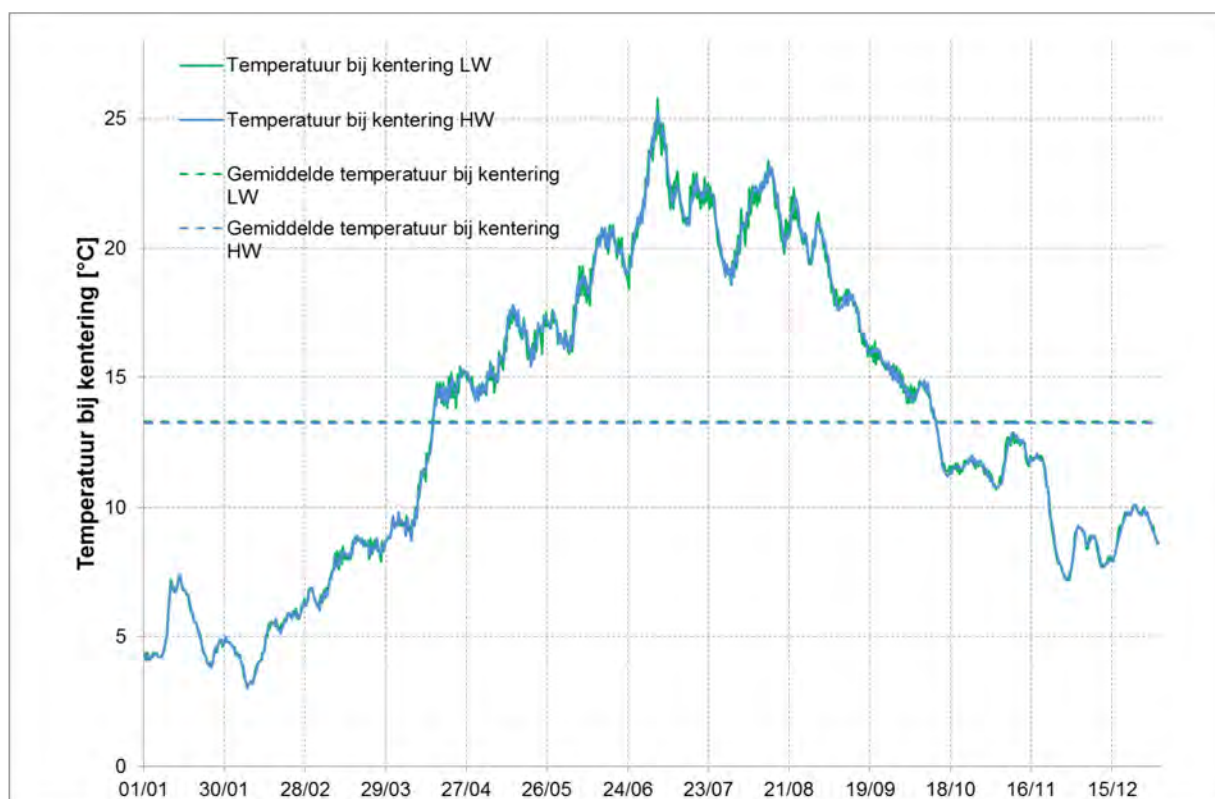
Figuur 81 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeescheldebekken), onderste meettoestel (2015)



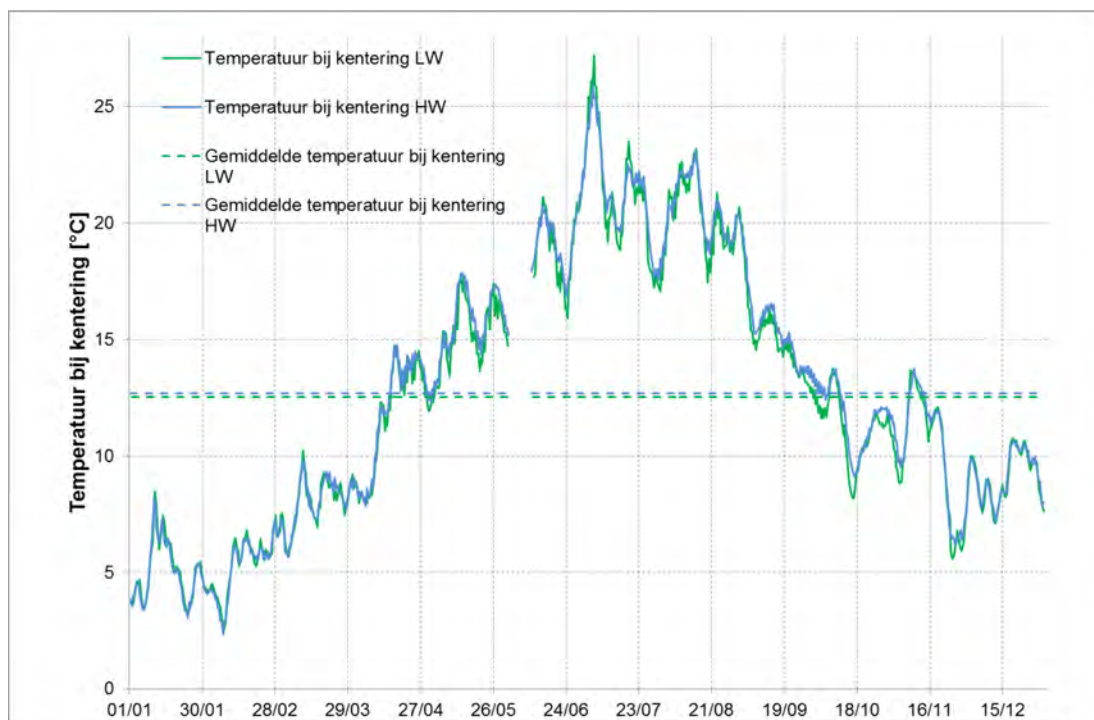
Figuur 82 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeescheldebekken) (2015)



Figuur 83 - Temperatuur [°C] bij KHW en K LW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)

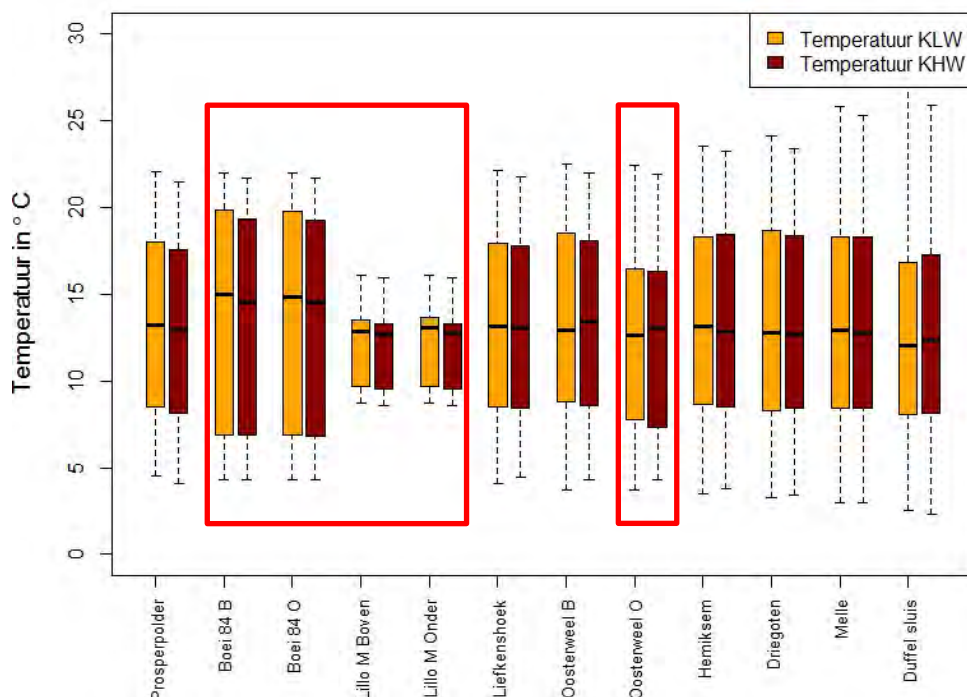


Figuur 84 - Temperatuur [°C] bij KHW en K LW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2015)



Figuur 85 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)

Figuur 86, toont bij wijze van overzicht, de boxplots voor de gemeten temperatuur bij KHW en KLW op alle locaties. Deze figuur toont eveneens aan dat er slechts een beperkt verschil is in watertemperatuur voor de verschillende meetlocaties in de Boven-Zeeschelde. De metingen te Lillo Meetpaal wijken af van de metingen aan de andere meetposten, doordat daar slechts de laatste maanden van het jaar bemeten werden. De temperaturen zijn dus in de herfst en winter opgemeten, waardoor het gemiddelde lager is en ook de range kleiner is. Ter hoogte van Boei 84 zijn deze laatste maanden niet gemeten, waardoor de gemiddelde temperatuur hoger is. Ook te Oosterweel Onder werd een stuk van de zomerperiode niet bemeten waardoor de gemiddelde temperatuur lager ligt. De minima en maxima lijken wel realistisch.



Figuur 86 - Boxplot voor de gemeten Temperatuur bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met tijdsduurwerking (2015) Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2015

Tabel 16 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2015)

	Temperatuur (°C) bij KHW				Temperatuur (°C) bij KLW			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Prosperpolder	4.08	12.81	21.51	5.36	4.49	13.23	22.07	5.41
Boei 84 boven*, †	4.32	13.37	21.68	6.04	4.29	13.66	22.02	6.19
Boei 84 onder*, †	4.30	13.34	21.68	6.05	4.32	13.62	21.98	6.17
Lillo Meetpaal boven*, †	8.60	11.85	15.95	2.30	8.72	12.04	16.10	2.33
Lillo Meetpaal onder*, †	8.58	12.12	15.95	2.32	8.69	12.31	16.09	2.35
Liefkenshoek	4.44	13.07	21.78	5.34	4.07	13.14	22.14	5.50
Oosterweel boven	4.31	13.35	21.99	5.47	3.71	13.32	22.51	5.67
Oosterweel onder †	4.30	12.49	21.92	5.23	3.71	12.49	22.47	5.47
Hemiksem	3.77	13.22	23.28	5.63	3.48	13.41	23.57	5.56
Driegoten	3.44	13.24	23.40	5.73	3.29	13.41	24.15	5.94
Melle	3.00	13.27	25.30	5.87	3.00	13.28	25.80	5.85
Duffel sluis	2.34	12.68	25.90	5.65	2.55	12.53	27.21	5.57

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

† Gegevens zijn gebaseerd op een onvolledige tijdsreeks, d.w.z. minder dan 90 % van de data kon als 'Good' beschouwd worden.

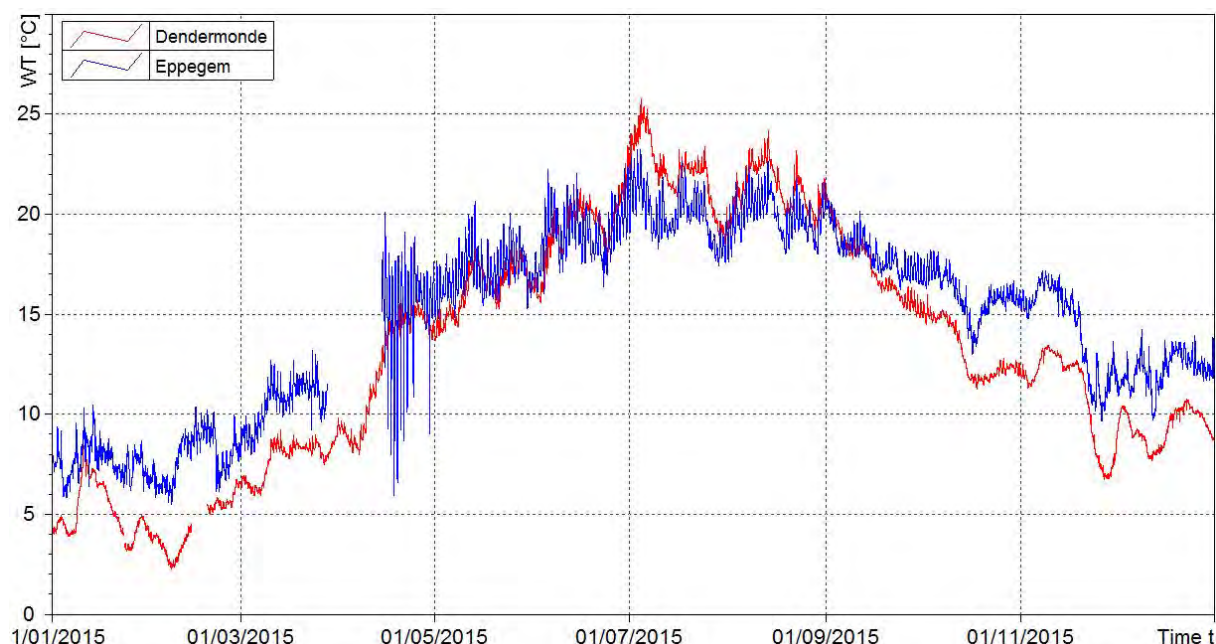
Figuur 87 toont het jaarverloop van de temperatuur te Dendermonde en Eppegem (YSI multiparametersondes).

Het verloop van de temperatuur te Eppegem is verschillend van de overige meetposten, gekenmerkt door minder lage temperaturen in de winter en minder hoge in de zomer. De bandbreedte van de temperatuursmetingen voor de verschillende meetlocaties, is telkens te wijten aan invloeden van getij en dag- en nachtcyclus.

Het temperatuursverloop vertoont een sterke daling rond februari, gezien vorstperiodes en de snelle respons van het "boven"-water op temperatuurschommelingen. Voor de Boven-Zeeschelde (Hemiksem, Melle en Driegoten), de Dender (Dendermonde), de Nete (Duffel Sluis) is deze daling bruusk. Voor de Beneden-Zeeschelde is deze daling meer geleidelijk ten gevolge van de bufferende werking van het meer maritieme milieu (met groter watervolume). Hoewel dit in 2015 beperkt blijft, valt op dat de temperatuur te Dendermonde inderdaad reageert met een sterkere daling van de watertemperatuur in deze periode, ten opzichte van Eppegem.

Niet alleen de bufferende werking van het maritiem milieu verklaart de verschillen tussen Eppegem en de andere posten. Eppegem heeft een afwijkend temperatuurpatroon van nagenoeg alle meetposten (ook deze niet in dit rapport opgenomen). De temperatuur van de Zenne afwaarts Brussel wordt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van deze grote stad.

Zoals ook ter hoogte van de meetposten in de Beneden- en Boven-Zeeschelde werd waargenomen, stijgt de temperatuur weer licht in oktober/november. Te Eppegem is deze stijging het grootst, terwijl aan de andere posten de temperatuur eerder niet daalt, zoals wel te verwachten is in deze koudere periode van het jaar.



Figuur 87 - Temperatuur Dendermonde (Dender) en Eppegem (Zenne) (2015)

4.1.4. Verloop saliniteit continue meetlocaties

Zowel de CTD-, Aanderaa- als de YSI-multiparametersondes meten enkel conductiviteit als een maat voor het zoutgehalte van het water. Op basis van conductiviteit en temperatuur kan via de Unescoformule de saliniteit ten allen tijde berekend worden (De Boeck et al., 2014b). Hierbij dient de opmerking gemaakt te worden dat deze formule is opgesteld voor standaard oceaanwater, en dus in het Schelde estuarium met enige voorzichtigheid moet gebruikt worden. De saliniteit kan uitgedrukt worden in g/kg en in practical salinity units (PSU). In wat volgt worden de saliniteitswaarden enkel in PSU weergegeven.

De saliniteitswaarden te Prosperpolder (Figuur 88) zijn het hoogste in vergelijking met de andere posten. Ze bedragen hier tussen 2 en 16 PSU voor kentering laagwater en tussen 4 en 19 PSU voor kentering hoogwater. Verder is hier ook de algemene seizoenale schommeling zichtbaar, waarbij de saliniteit een minimum bereikt in januari en tijdens de winterdip in februari, en een maximum in augustus en november. De events met hoge afvoeren doen zich vooral in de winterperiodes voor, zo zijn er drie events in januari en februari, een vierde event in april en een laatste eind november. Door deze meermalige events aan het begin van 2015 blijft de saliniteit tot begin april fluctueren onder 10 PSU voor kentering hoogwater en onder 6 PSU voor kentering laagwater. Vanaf april stijgt de saliniteit tot een maximum wordt bereikt midden augustus, en een tweede hoger maximum midden november. Eind november doen er zich nog hoge afvoeren voor, waardoor de saliniteit sterk daalt, maar niet het lage niveau van de vorige winter bereikt.

Ter hoogte van de posten Prosperpolder (Figuur 74), Boei 84 (Figuur 89 en Figuur 90), Lillo Meetpaal (Figuur 91 en Figuur 92) en Liefkenshoek (Figuur 93) loopt de saliniteit tijdens K LW en K HW parallel, terwijl ter hoogte van posten meer stroomopwaarts de saliniteit bij K LW minimaal blijft, maar de saliniteit bij K HW nog steeds de seizoenale trend volgt zoals bij voornoemde posten.

In Tabel 17 werd de verdeling van de kwaliteitsvlaggen opgenomen voor de gemeten conductiviteit in 2015. De saliniteit wordt namelijk berekend aan de hand van de temperatuur en de conductiviteit. De verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de temperatuur gegevens werden reeds besproken in vorige paragraaf (§ 4.1.3; Tabel 15). De gegevens verzameld aan Boei 84 en Lillo Meetpaal vertonen veel missings doordat de meetpost in oktober van Boei 84 naar Lillo is verhuisd. Ter hoogte van de andere meetposten werd er wel een heel jaar gemeten, maar het toestel Oosterweel Onder had enkele defecten aan de opstelling, waardoor 23,83 % van de data 'Missing' is. Hoewel er weinig problemen worden ondervonden bij het registreren van de temperatuur, werd in Liefkenshoek toch 6,56 % van de data als onbetrouwbaar gevestigd. Ook te Driegoten en Boei 84 Onder werd een klein percentage (resp. 4,16 % en 2,18 %) als Suspect gevestigd. Te Prosperpolder is ook 9,63 % van de gegevens opnieuw geschat. Dit komt doordat er gedurende de zomermaanden begroeiing komt op de sensoren waardoor de conductiviteit onderschat wordt. Dit wordt dan in de validatiesoftware herschaald naar realistische waarden.

Tabel 17 - Verdeling kwaliteitsvlaggen voor de parameters Conductiviteit, 2015.

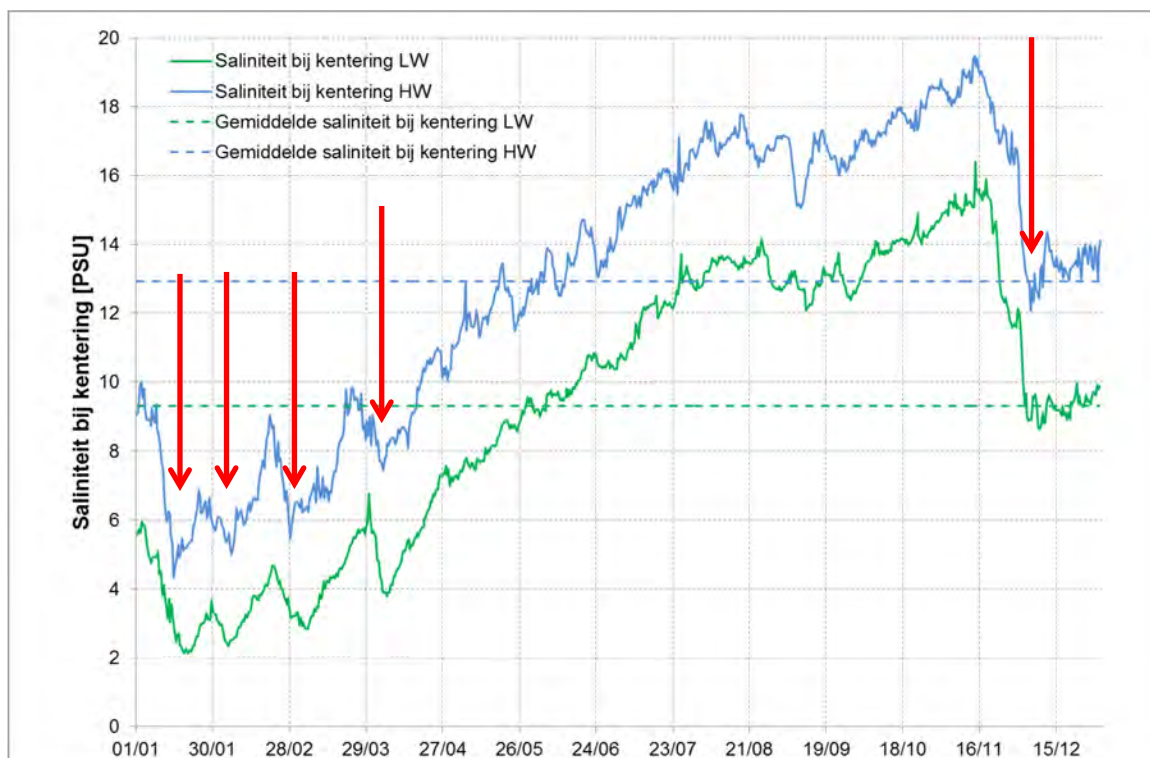
	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Prosperpolder	90,07	9,63	0	0	0,28
Boei 84 Boven*	69,73	0	0	0	30,25
Boei 84 Onder*	57,04	0,61	2,18	0	40,14
Lillo Meetpaal Boven*	23,1	0,04	0	0	74,84
Lillo Meetpaal Onder*	5,31	0,16	0	0	94,52
Liefkenshoek	92,17	0	6,56	0	1,25
Oosterweel Boven	0	0	0	0	100
Oosterweel Onder	75,96	0,2	0	0	23,83
Hemiksem	99,01	0,04	0	0	0,94
Driegoten	94,27	0,19	4,16	0	1,37
Melle	64,56	35,33	0	0	0,09
Duffel Sluis	97,06	0,01	0	0	2,92
Eppegem	83,59	7,76	5,48	0	3,15
Dendermonde	86,08	12,02	0	0	1,89

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

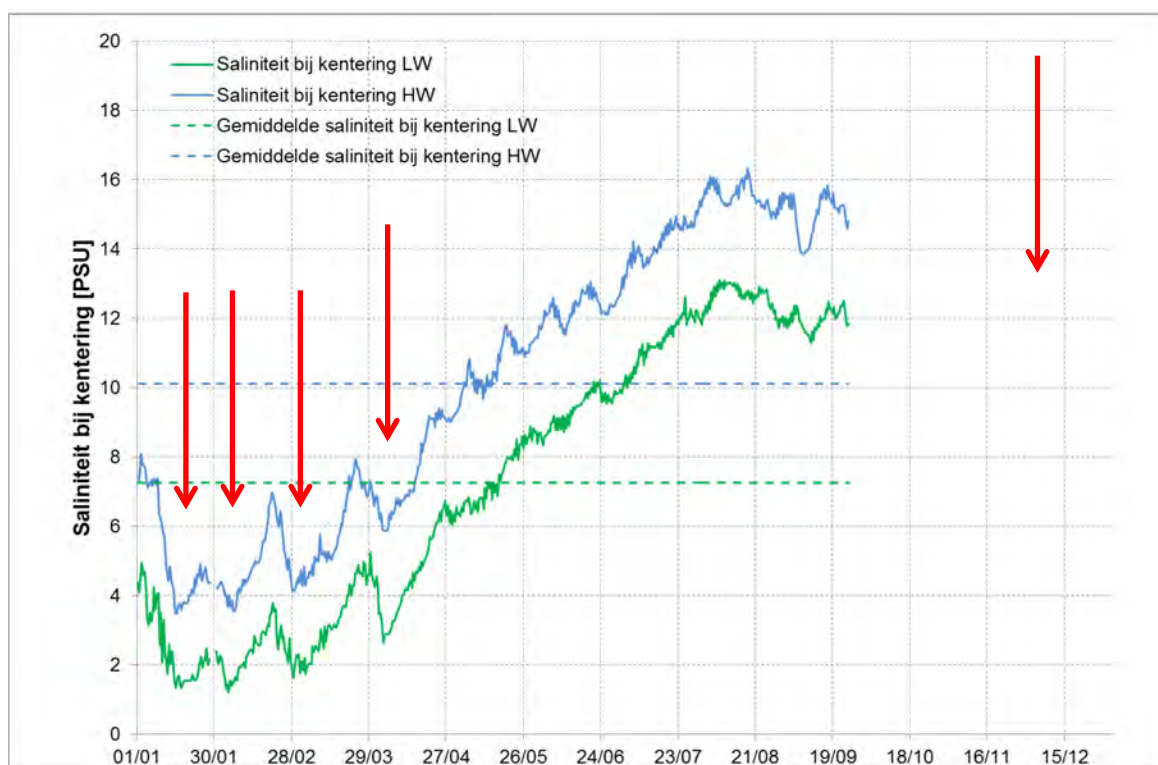
In Oosterweel (Figuur 94) klimt de saliniteit bij KHW tot aan 14,5 PSU, wat hoger is dan de maximale saliniteit van 10 PSU in 2014. Bij KLW blijft de saliniteit voornamelijk onder 6 PSU, met uitzondering van twee uitschieters midden november. De saliniteit kon niet berekend worden voor het bovenste toestel, aangezien de conductiviteitssensor niet werkte tijdens 2015. Ter hoogte van Boei 84 is er amper een verschil te merken tussen waarden bij het bovenste en bij het onderste toestel.

Te Hemiksem (Figuur 95) stijgen de saliniteitswaarden tot 6 PSU en zelfs eenmalig tot 8 PSU bij KHW wat bijna dubbel zo hoog is als de maximale 4 PSU uit 2014. Bij KLW blijft de saliniteit onder 2 PSU wat maakt dat de Unescoformule, gebruikt voor het berekenen van deze saliniteit eigenlijk niet meer geldt. Voor de continuïteit van deze bespreking, wordt deze voorwaarde even achterwege gelaten. Bij verder gebruik en analyse van deze data dient deze opmerking wel in acht genomen te worden. De saliniteit bij KLW blijft schommelen rond 0,5 PSU van januari t.e.m. mei en in december.

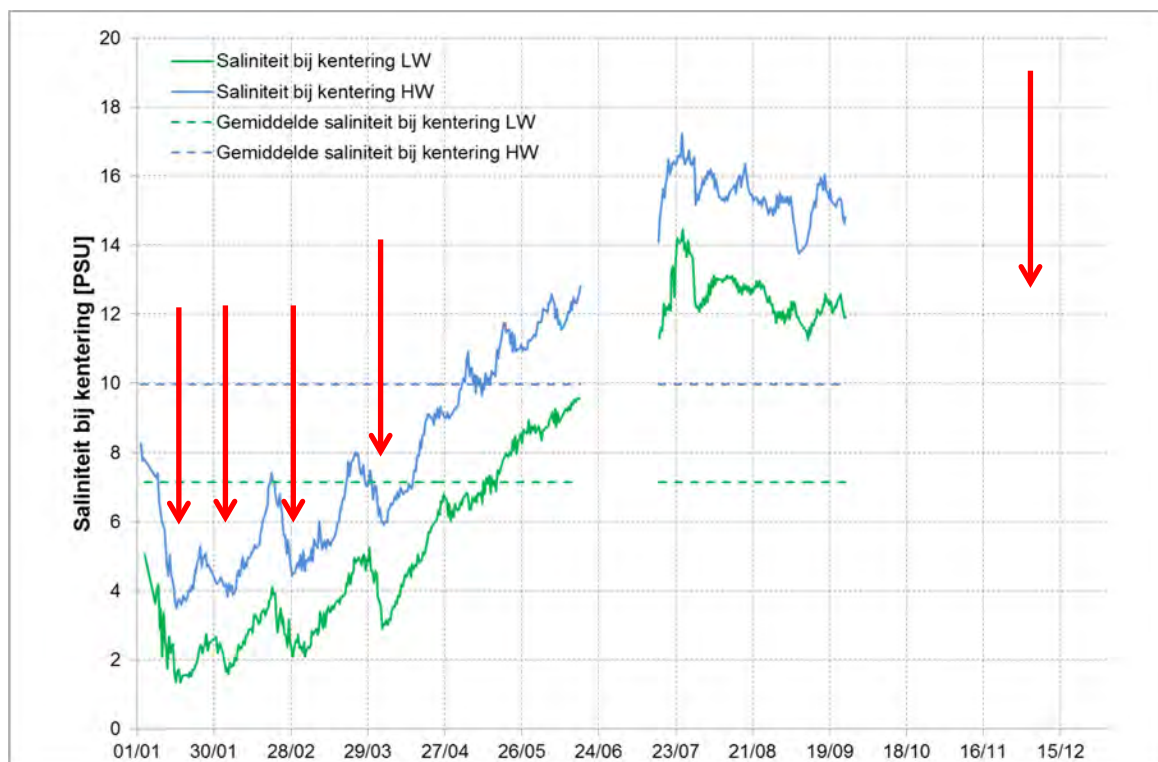
Bij de drie meest stroomopwaartse posten, Driegoten (Figuur 96), Melle (Figuur 97) en Duffel Sluis (Figuur 98), is het verschil tussen saliniteit bij KHW en bij KLW minimaal. De absolute saliniteit blijft hier ook onder 1 PSU, waardoor verdere analyse van deze resultaten onmogelijk is.



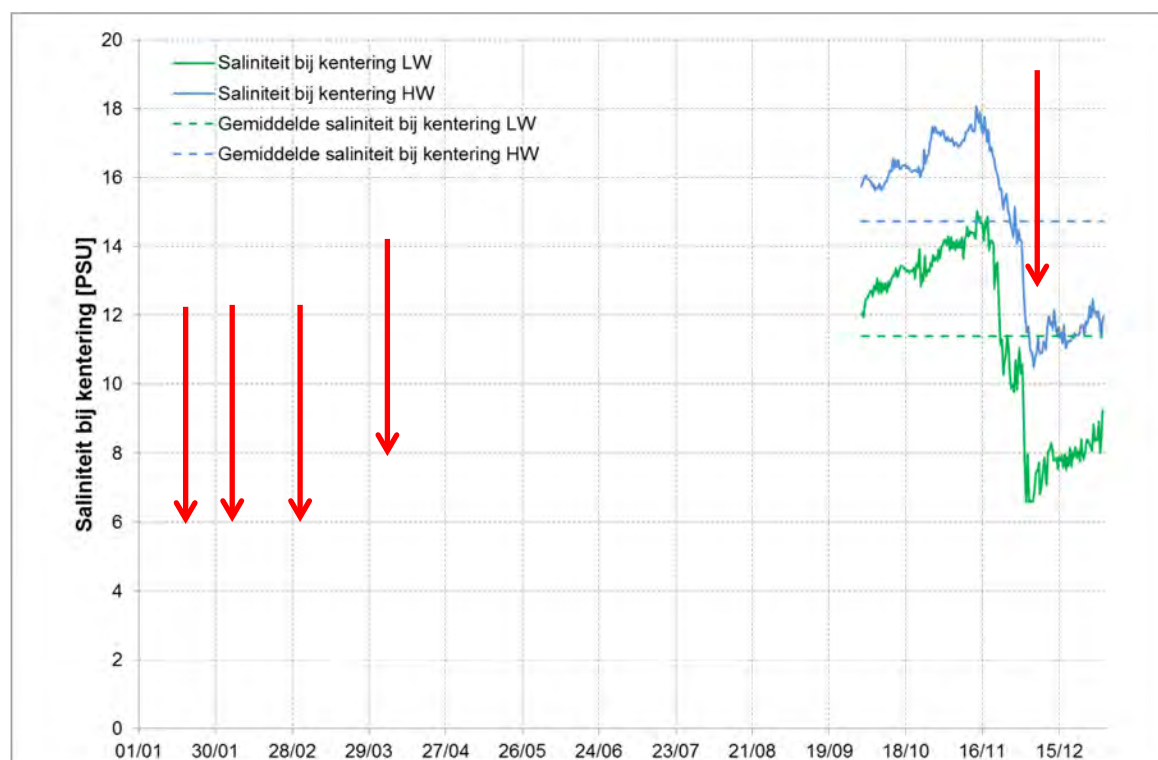
Figuur 88 - Saliniteit bij KHW en KWL te Prosperpolder (Beneden - Zeeschelde) (2015)



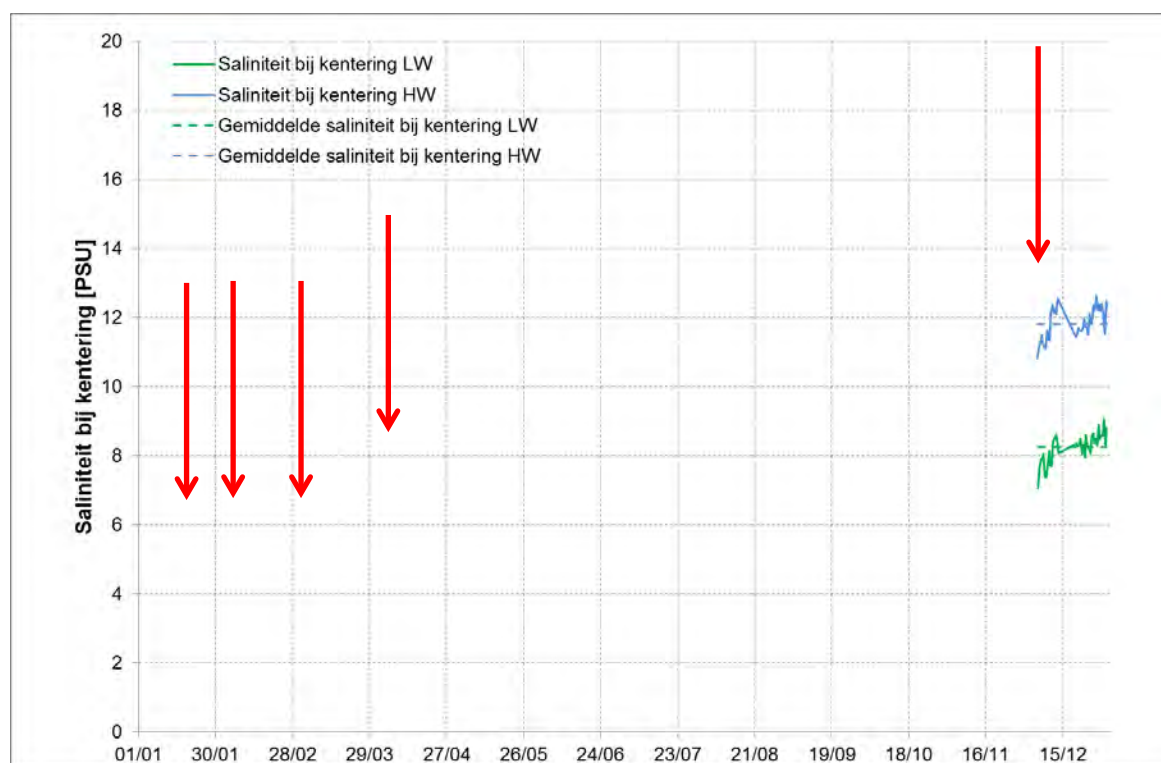
Figuur 89 - Saliniteit bij KHW en KWL te Boei 84 Boven (Beneden - Zeeschelde) (2015)



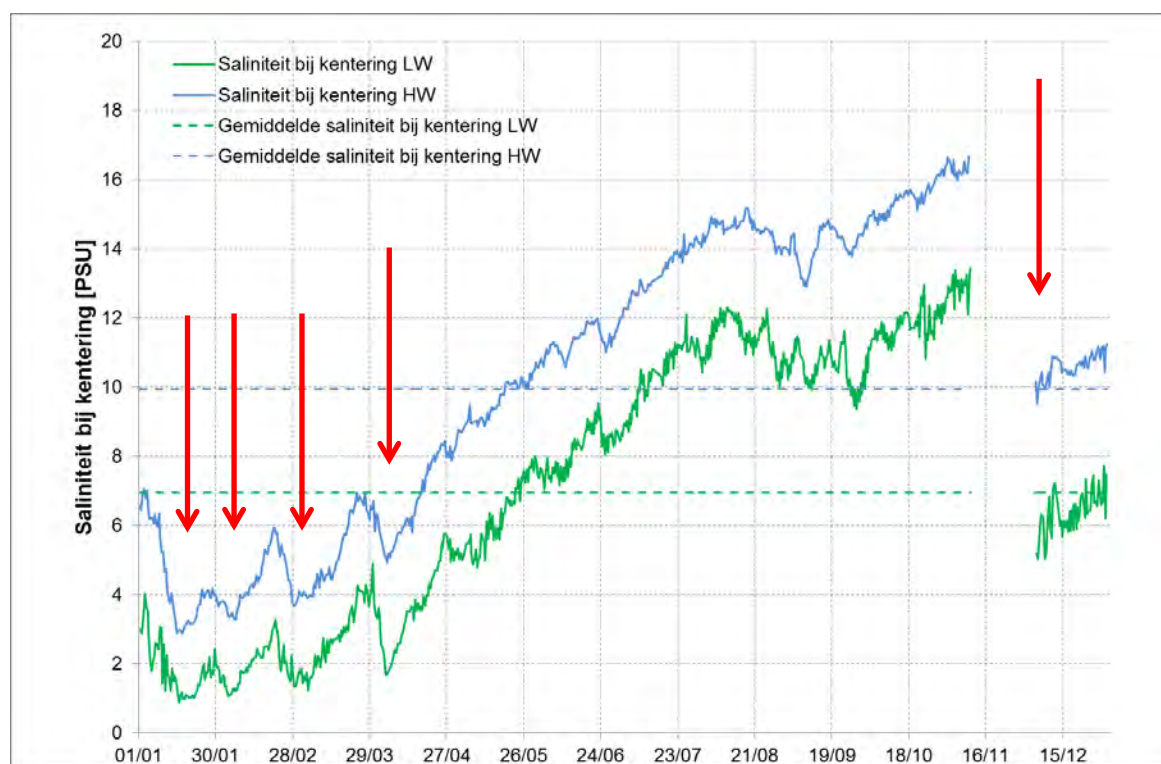
Figuur 90 - Saliniteit bij KHW en KWL te Boei 84 Onder (Beneden - Zeescheldebekken) (2015)



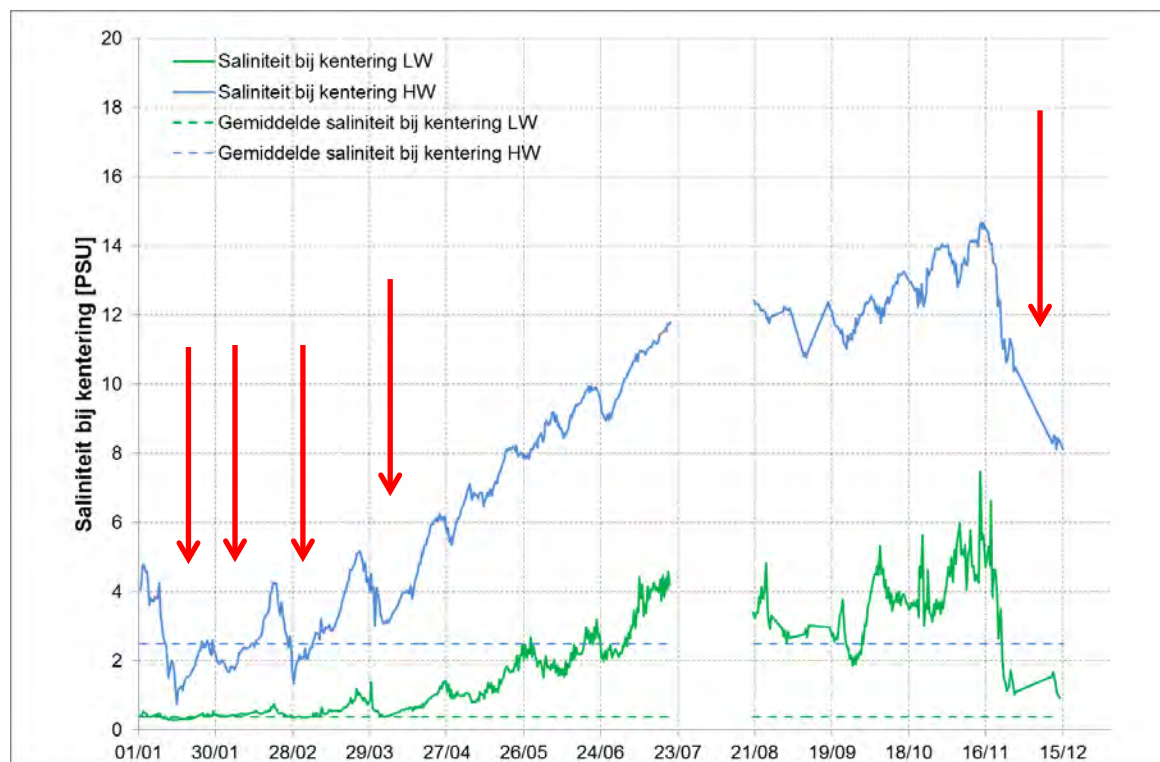
Figuur 91 - Saliniteit bij KHW en KWL te Lillo Meetpaal Boven (Beneden - Zeescheldebekken) (2015)



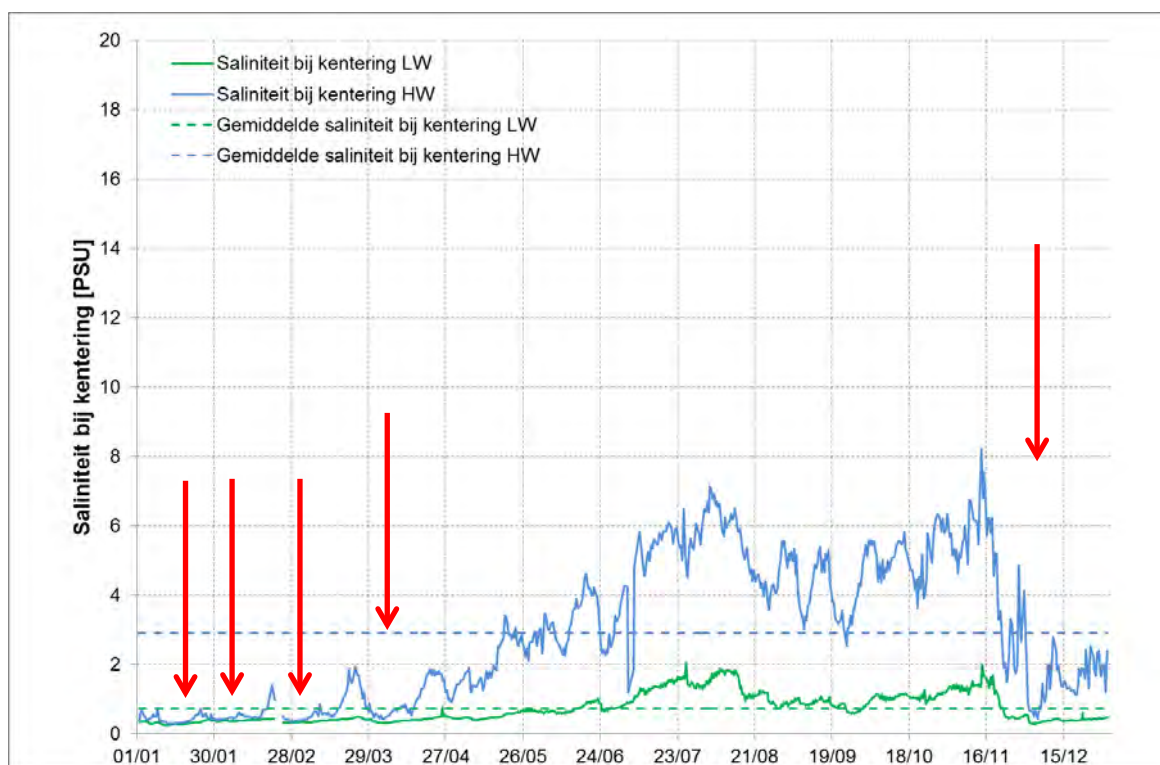
Figuur 92 - Saliniteit bij KHW en KWL te Lillo Meetpaal Onder (Beneden - Zeescheldebekken) (2015)



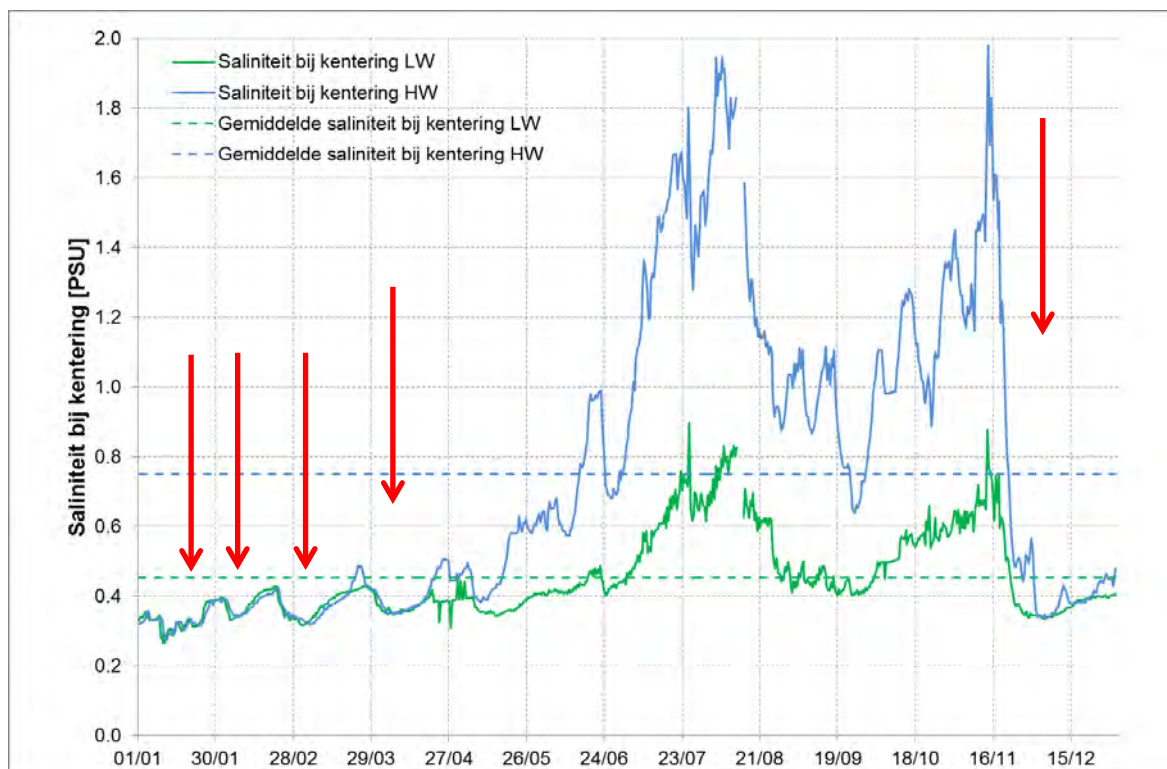
Figuur 93 - Saliniteit bij KHW en KWL te Liefkenshoek (Beneden - Zeescheldebekken) (2015)



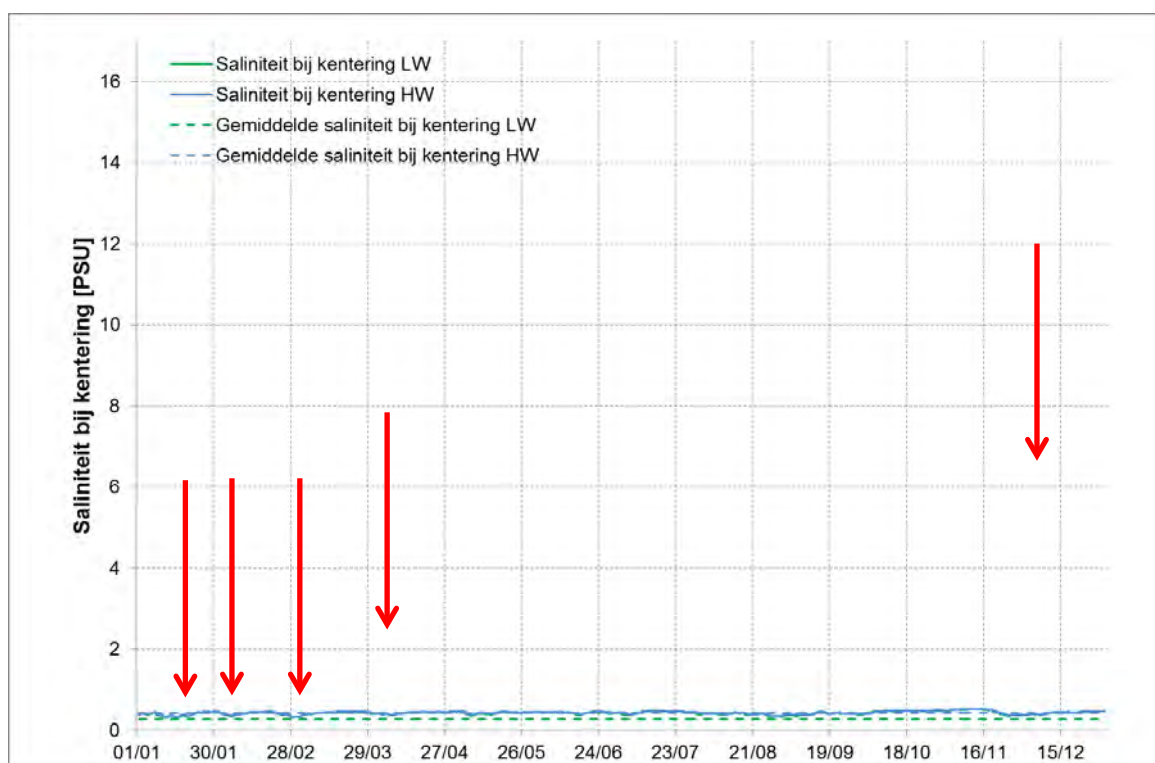
Figuur 94 - Saliniteit bij KHW en K LW te Oosterweel Onder (Beneden - Zeeschelde) (2015)



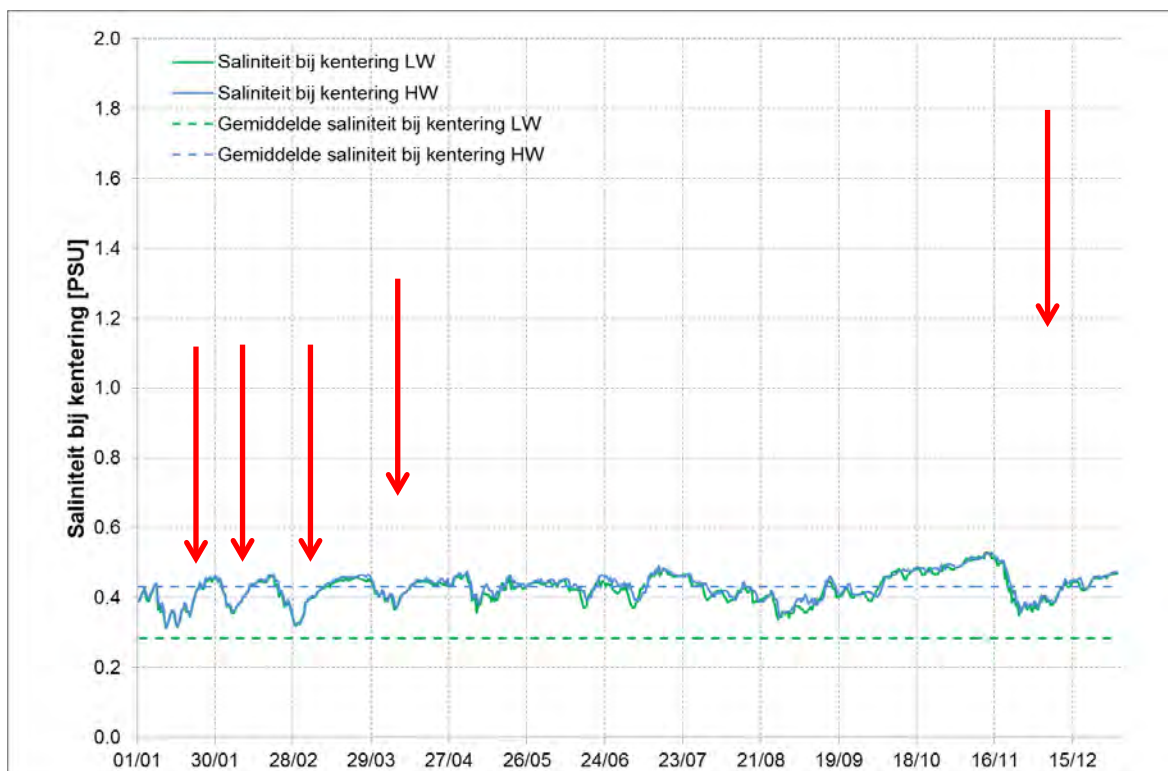
Figuur 95 - Saliniteit bij KHW en K LW te Hemiksem (Boven - Zeeschelde) (2015)



Figuur 96 - Saliniteit bij KHW en KWL te Driegoten (Boven - Zeescheldebekken) (2015)

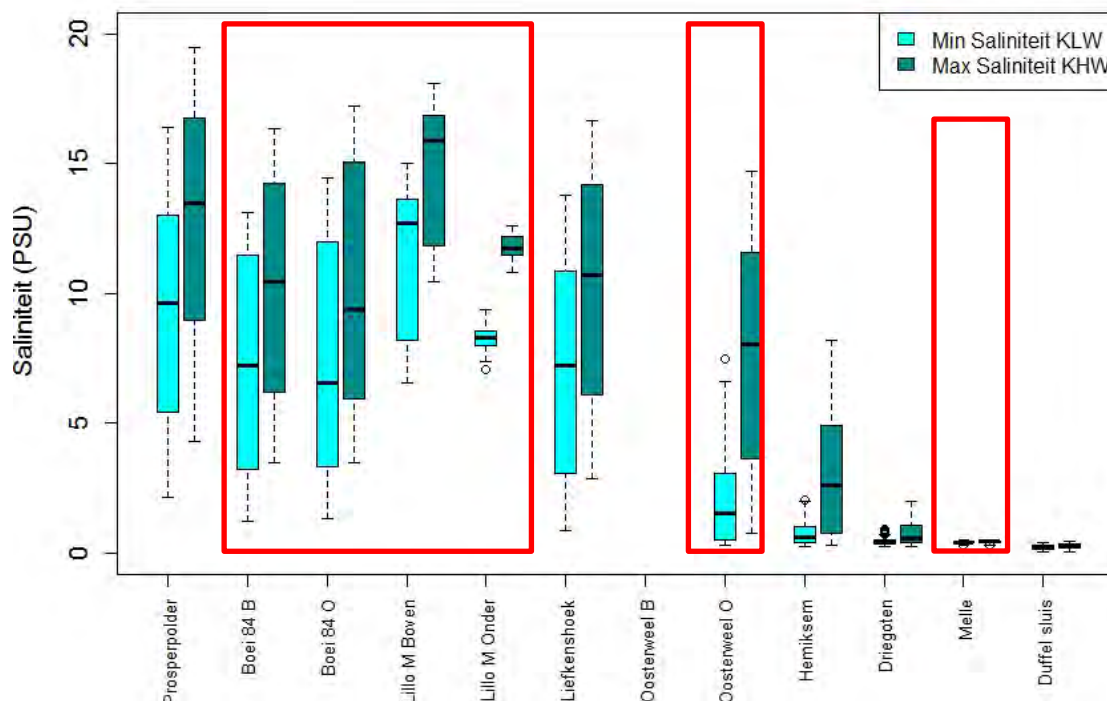


Figuur 97 - Saliniteit bij KHW en KWL te Melle (Boven - Zeescheldebekken) (2015)



Figuur 98 - Saliniteit bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden - Nete) (2015)

Figuur 99 toont bij wijze van overzicht de boxplots voor de gemeten conductiviteit bij KHW en KLW op alle meetlocaties (behalve voor Eppegem en Dendermonde). Deze figuur vat de eerder besproken vaststellingen samen. De saliniteit is telkens groter rond KHW dan rond KLW, gezien de verdere indringing van zout water in de Zeeschelde tijdens KHW. Dit verschil tussen KHW en KLW is het meest uitgesproken ter hoogte van Oosterweel. De daling van de saliniteit naar opwaarts toe is eveneens duidelijk zichtbaar.



Figuur 99 - Boxplot voor de gemeten saliniteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2015). Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2015

Tabel 18 geeft bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de saliniteiten rond KHW en KLV voor de verschillende metingen op de locaties zoals in onderstaande boxplot visueel is weergegeven. Ook hier zijn de kengetallen voor Boei 84, Lillo Meetpaal en Oosterweel Onder niet representatief voor 2015. Voor de volledigheid worden de waarden alsnog weergegeven.

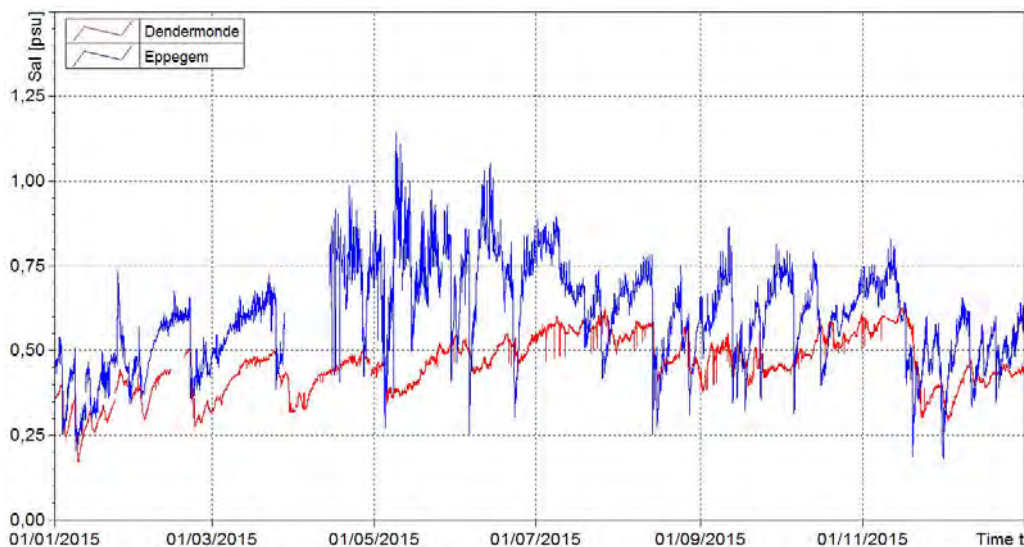
Tabel 18 - Overzicht van de saliniteit bij KHW en KLV op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2015) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2015

	Saliniteit (PSU) bij KHW				Saliniteit (PSU) bij KLV			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Prosperpolder	4.33	12.92	19.48	4.19	2.13	9.33	16.41	4.04
Boei 84 boven*, †	3.48	10.11	16.33	4.14	1.23	7.26	13.11	3.99
Boei 84 onder*, †	3.49	9.96	17.23	4.30	1.34	7.14	14.48	4.13
Lillo Meetpaal boven*, †	10.48	14.74	18.07	2.42	6.57	11.39	15.03	2.70
Lillo Meetpaal onder*, †	10.82	11.82	12.63	0.47	7.06	8.26	9.38	0.47
Liefkenshoek	2.88	10.17	16.68	4.15	0.88	7.04	13.78	3.85
Oosterweel boven	-	-	-	-	-	-	-	-
Oosterweel onder †	0.76	7.64	14.70	4.11	0.28	1.94	7.48	1.52
Hemiksem	0.29	2.90	8.20	2.06	0.24	0.74	2.07	0.42
Driegoten	0.28	0.75	1.98	0.43	0.26	0.45	0.90	0.12
Melle	0.32	0.43	0.53	0.04	0.31	0.43	0.53	0.04
Duffel sluis	0.05	0.27	0.47	0.10	0.04	0.24	0.43	0.08

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

† Gegevens zijn gebaseerd op een onvolledige tijdsreeks, d.w.z. minder dan 90 % van de data kon als 'Good' beschouwd worden.

Figuur 100 toont het jaarverloop van de saliniteit voor de YSI meetposten te Dendermonde en Eppegem. De saliniteit is op deze opwaartse meetplaatsen zeer klein (<1 psu). Het verloop van de saliniteit wordt er voornamelijk beïnvloed door het bovendebiet (afvoer zoet water). Hier dient ook weer opgemerkt te worden dat de Unescoformule die gebruikt werd om deze waarden te berekenen niet meer geldig is. Deze formule is enkel geldig voor saliniteitswaarden tussen 2 en 42 PSU.



Figuur 100 - Saliniteit te Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) (2015)

4.1.5. Verloop suspensiegehalte

4.1.5.1 Inleiding turbiditeitsmetingen

De concentratie aan sediment in suspensie (SSC) wordt bepaald aan de hand van staalnames en labo-analyses en is daarom niet continu beschikbaar. Vaak wordt de turbiditeit echter als een schatter van SSC gebruikt aangezien deze parameter eraan gecorreleerd is. De relatie tussen beide parameters is locatiespecifiek en is bovendien ook afhankelijk van andere (mogelijks dynamische) factoren, zoals o.a. de korrelgrootte, -vorm, grootte-orde concentratie (meervoudige verstrooiing), densiteit (organisch materiaal vs. minerale fractie) en de kleur van het sediment. De turbiditeit kan wel continu gemeten worden waardoor een continue tijdreeks van SSC kan afgeleid worden. Aangezien turbiditeit niet bijdraagt tot extra systeemkennis, wordt in onderliggend rapport enkel het suspensiegehalte gerapporteerd en niet de turbiditeit.

Zoals vermeld in Tabel 9 worden turbiditeiten gemeten op twee hoogten langs de verticale te Oosterweel en aan Boei 84 (en Lillo), terwijl te Driegoten, Melle, Dendermonde, Eppegem en Duffel Sluis op één hoogte gemeten wordt. De eerste drie locaties (in het 'maritieme' gedeelte van de Zeeschelde) worden bemeten met Aanderaa toestellen (met meetinterval 10 minuten). Daarbij zijn alle toestellen van het type Seaguard2500 (meetbereik turbiditeit tussen 0-2.500 FTU). Een uitzondering hierop vormt het bovenste meettoestel te Boei 84 (en Lillo) van type Seaguard500 (meetbereik turbiditeit 0-500 FTU). De toestellen te Dendermonde, Eppegem, Melle en Duffel Sluis meten om de 5 minuten en zijn YSI-toestellen van het type YSI 6920. Dit houdt in dat deze drie toesteltypes elk een andere relatie zullen hebben tussen hun turbiditeitsseenheid (in de praktijk NTU voor YSI en FTU voor Aanderaa Seaguard toestellen) en de bijbehorende sedimentconcentraties (suspensie-gehalte of SSC) die zij waargenomen hebben, zelfs al meten deze op dezelfde locatie. Dit wordt verder besproken in §4.1.5.2.

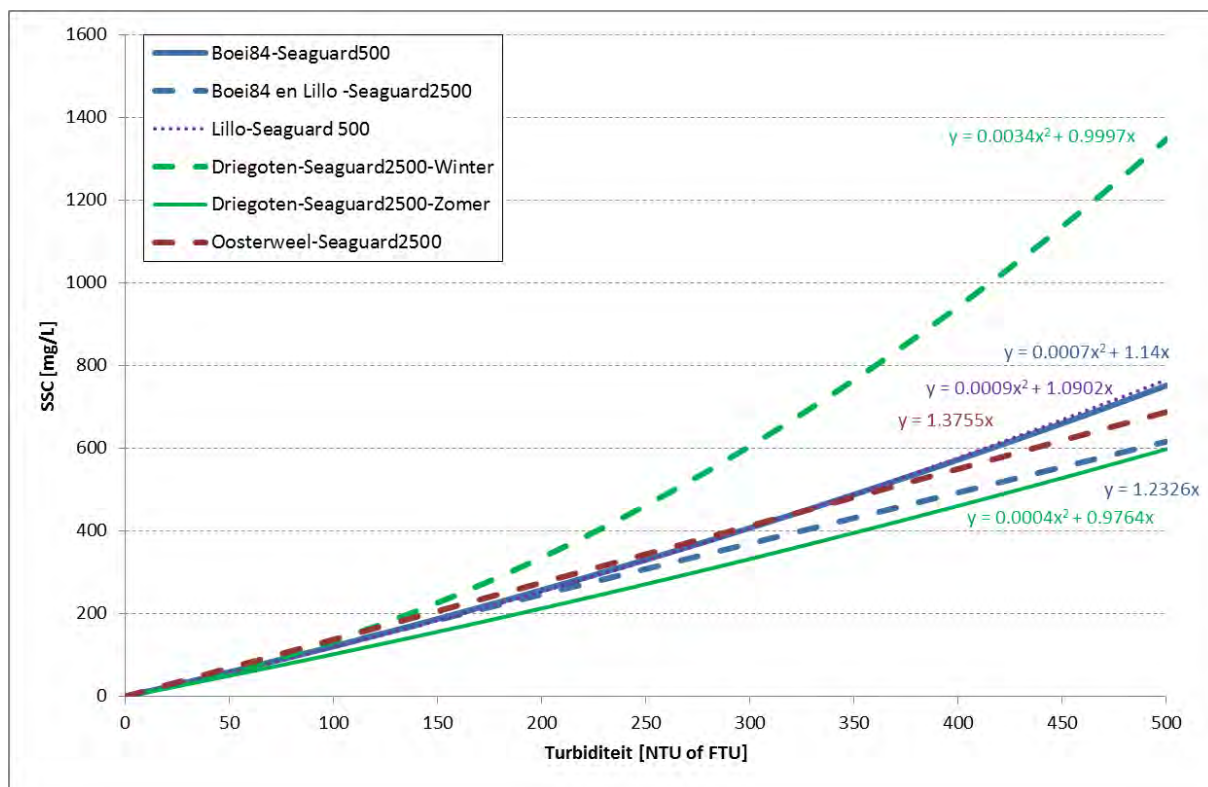
Een bijkomende opmerking bij het Aanderaa-toestel van het type Seaguard500 (SG500), voor Boei 84 en Lillo Meetpaal bovenste meettoestel, is dat dit geen turbiditeitswaarden hoger dan 500 FTU kan registreren (verzadiging sensor). Bijgevolg werden geregeld de maximale waarden gemeten met deze Seaguard-sonde. Met andere woorden, turbiditeitswaarden hoger dan 500 FTU deden zich voor, maar konden niet geregistreerd worden (plafonnering op 500 FTU). Men kan dus stellen dat dit Seaguard toestel, hoewel het een turbiditeitsrange van 0-500 FTU bestrijkt, een te beperkt bereik heeft voor metingen in de Zeeschelde. Het is belangrijk om dit in rekening te brengen bij het interpreteren van de hieronder weergegeven grafieken. De turbiditeitswaarden plafondeerden immers geregeld en de maximale en gemiddelde turbiditeitswaarden werden berekend op basis van de tijdreeks waarin deze 'plafond'-waarden opgenomen zijn. Hierdoor zullen zowel de maxima als de gemiddelden soms lager uitvallen dan in werkelijkheid het geval zou moeten zijn. Op de grafieken is steeds aangeduid met welk toesteltype gemeten is.

4.1.5.2 Suspensiegehalte

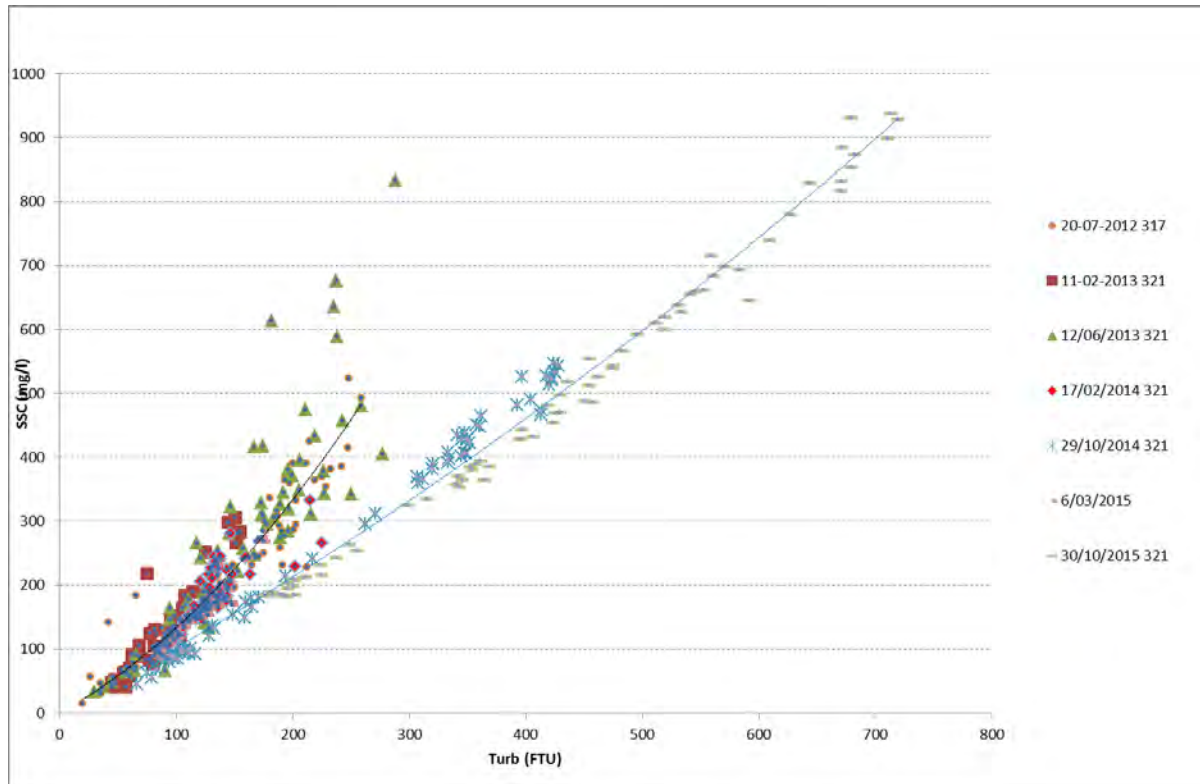
Gedurende meerdere jaren zijn te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten kalibratiecampagnes uitgevoerd, waarbij een groot aantal waterstalen opgepompt werden, waarop nadien de sedimentconcentratie (SSC) werd bepaald, terwijl tevens de turbiditeitswaarden geregistreerd werden met de desbetreffende Aanderaa-toestellen. Uit deze gegevens konden vervolgens relaties tussen het suspensiegehalte en de turbiditeit opgesteld worden (Figuur 101). Sinds 2016 worden ook dergelijke campagnes te Lillo uitgevoerd, waarbij de gevonden relaties zeer goed lijken aan te sluiten met de Boei 84 dataset. Voor meer informatie omtrent het opstellen van deze relaties wordt verwezen naar Ferket et al. (2015).

Te Driegoten kan een shift in de relatie SSC-Turbiditeit vastgesteld worden (Figuur 102) sinds 2014. De datakoppels uit de kalibratiecampagnes tijdens het voorjaar 2014 en 2015 sluiten goed aan bij de voorjaar en zomercampagnes van 2013. De metingen in najaar 2014 en 2015 vertonen echter een duidelijk andere trend. Mogelijks heeft dit te maken met een turbiditeitsmaximum dat zich vanaf de zomer opwaarts richting Driegoten verplaatst en nadien weer naar afwaarts wordt geduwd bij de hogere bovenafvoeren tijdens de winter. Figuur 101 toont duidelijk dat in de zomer de relatie SSC-Turbiditeit van het suspensiemateriaal te Driegoten dichter aansluiten bij de afwaartse meetlocaties Oosterweel en Boei 84 (Lillo).

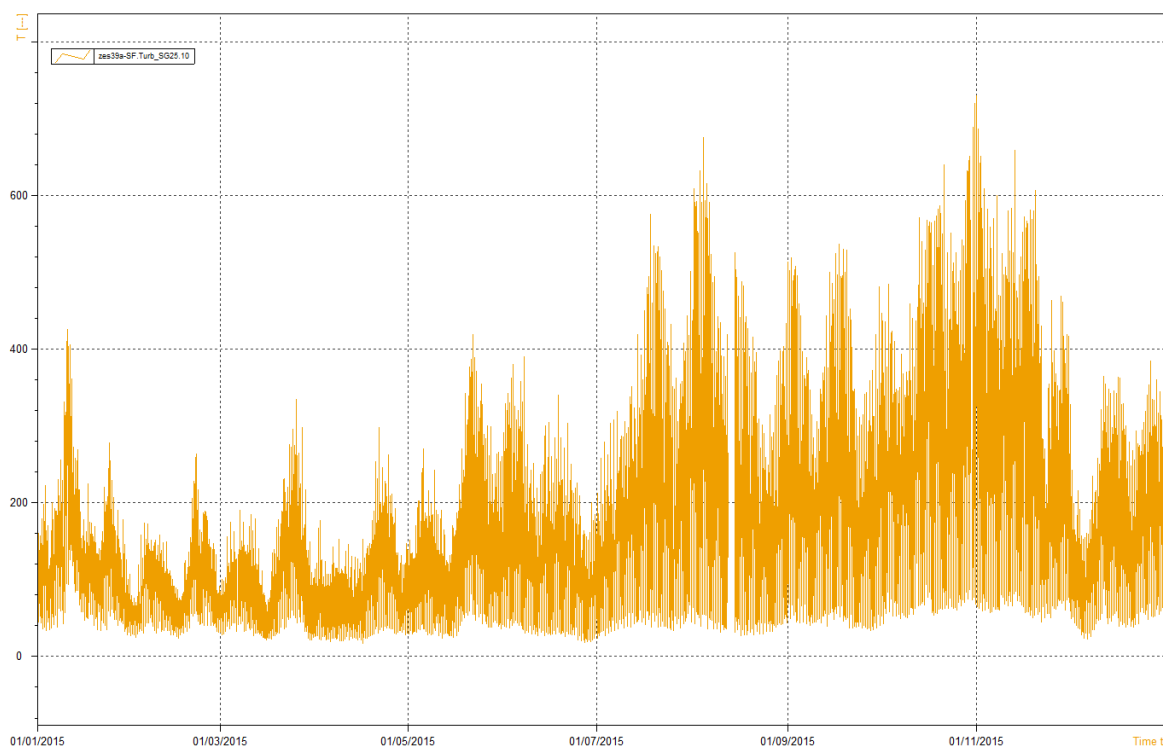
Deze shift in relatie SSC-Turbiditeit zal nog verder onderzocht worden, oa. via bijkomende staalnames tijdens halve tij eb vaarten. Momenteel werd de zomerrelatie toegepast voor 01/07-30/11/2015. Deze begrenzing werd afgeleid uit de duidelijk verhoogde turbiditeit gedurende deze periode (Figuur 103). Uit verder onderzoek zal moeten blijken of een verdere opsplitsing van de relatie voor deelperiodes noodzakelijk is. Hiervoor zijn momenteel onvoldoende gegevens beschikbaar.



Figuur 101 - Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84, Lillo, Oosterweel en Driegoten (2015)



Figuur 102 - Datakoppels SSC-Turbiditeit voor de kalibratiecampagnes te Driegoten



Figuur 103 - Turbiditeit te Driegoten (2015)

Uit de kalibratiecampagnes konden volgende conclusies getrokken worden:

- alle gekalibreerde toestellen reageren op eenzelfde manier (hebben eenzelfde Turbiditeit-SSC relatie) voor eenzelfde meetlocatie. Het is dus niet nodig om voor elk toestel afzonderlijk een relatie te bepalen op een bepaalde locatie.
- er zijn kalibratiecampagnes uitgevoerd tijdens winter- en tijdens zomercondities. Op basis van de huidige dataset is het niet noodzakelijk of onmogelijk om voor verschillende seizoenen een verschillende relatie te bepalen te Boei 84 (Lillo) en Oosterweel. De afgeleide relaties gelden aldus voor het gehele jaar.
- het is duidelijk dat voor eenzelfde sedimentconcentratie de turbiditeit te Boei 84 en Oosterweel gelijkaardig is en hoger dan die te Driegoten in de winterperiode. Dit houdt in dat de eigenschappen van het getransporteerde sediment (vorm, grootte, kleur, ...) verschillen tussen Boei 84 en Oosterweel enerzijds en Driegoten (winter) anderzijds.

Door deze relaties toe te passen kan men voor alle meetlocaties inschattingen van het suspensiegehalte verkrijgen. Echter voor de Seaguard 500 toestellen zullen onderschattingen van het suspensiegehalte gegenereerd worden wanneer geplafonneerde waarden (500 FTU) omgezet worden naar het corresponderend suspensiegehalte, aangezien deze gemeten turbiditeiten eigenlijk onderschattingen zijn van de werkelijk aanwezige turbiditeiten. Hierdoor moet rekening gehouden worden dat gemiddelde concentratiewaarden berekend uit deze waarden onderschattingen zullen zijn.

Tabel 19 geeft de correlatie (R^2), Root Mean Squared Error (RMSE) en Mean Squared Prediction Error (MSPE) van de SSC(turbiditeit) relaties voor de Aanderaa meetlocaties. Daarnaast wordt ook het aantal datakoppels en de min. en max. turbiditeits- en SSC-waarden van de dataset weergegeven. In principe is de relatie enkel geldig binnen deze grenzen. Een overschrijding van de max. SSC uit Tabel 19 is dus een schatting op basis van een regressie die niet voor deze SSC grootte-orde opgesteld is (en dus zou mogen gebruikt worden). Hoewel de RSME op een niet te verwaarlozen gemiddelde afwijking duidt voor de verschillende relaties, blijkt uit de MSPE (en R^2) dat de regressies van een goede kwaliteit zijn. Voor elke SSC (turbiditeit) relatie werden de 95% voorspellingsintervallen bepaald. Deze worden weergegeven in Figuur 104.

De berekende SSC-reeksen worden gerapporteerd als de minimale SSC binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering (twee uur te Driegoten) (Figuur 105 t.e.m. Figuur 110), de maximale (Figuur 111 t.e.m. Figuur 116) en gemiddelde SSC bij eb en vloed (Figuur 117 t.e.m. Figuur 122). Te Boei 84 (onderste meettoestel) zijn er geen goede turbiditeitsgegevens beschikbaar na 03/07/2015. De sensor

werd beschadigd tijdens een onderhoudsmoment en geeft sindsdien meetwaarden van onvoldoende kwaliteit. Aangezien dit meettoestel eind september 2015 werd verplaatst naar Lillo (onderste meettoestel) geldt daar hetzelfde probleem. Vanaf 03/07/2015 kan dus geen SSC geschat worden voor Boei 84 (onder) en ook voor Lillo (onder) zijn geen schattingen beschikbaar.

Tabel 19 - R², RMSE en MSPE, het aantal datakoppels (N) en de min. en max. van deze datakoppels voor de SSC (turbiditeit) relatie van de verschillende Aanderaa meetlocaties

Meetlocatie - Type	R ²	RMSE	MSPE	N	Min. Turb	Max. Turb	Min. SSC	Max. SSC
Boei84 - SG500	0,91	46,6	24,4	754	18,83	514,92	16	872
Boei84 en Lillo - SG2500	0,95	41,7	20,6	549	21,75	817,63	16	1.004
Lillo – SG500	0,91	43,3	23,3	809	18,83	514,92	16	872
Oosterweel - SG2500	0,90	53,6	14,0	752	53,06	552,61	52	841
Driegoten – SG2500 – Winter	0,99	19,7	5,0	142	66,43	719,05	45	937
Driegoten – SG2500 – Zomer	0,91	27,2	14,9	344	19,79	258,89	15	833

In onderstaande tabellen (Tabel 20 en Tabel 21) werd de verdeling van de kwaliteitsvlaggen opgenomen, voor de parameter turbiditeit zoals gemeten door de twee verschillende sensoren Seaguard 500 en Seaguard 2500. De onbetrouwbare data gemeten aan Boei 84 Onder en Lillo Meetpaal Onder wordt hier voorgesteld door een hoog percentage aan 'Suspect'-vlaggen voor deze posten (resp. 21,41 % en 21,6 %). Verder werd te Oosterweel Onder een korte periode (2,61 % van de data) als suspect gevlagd. Enkel ter hoogte van Oosterweel Boven en Driegoten werd meer dan 90 % van het jaar correct gemeten.

Tabel 20 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter turbiditeit (gemeten door SG500), 2015.

	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Boei 84 Boven*	69,2	0,04	0,29	0	30,46
Boei 84 Onder*	0	0	0	0	100
Lillo Meetpaal Boven*	24,9	0	0,24	0	74,84
Lillo Meetpaal Onder*	0	0	0	0	100
Oosterweel Boven	0	0	0	0	100
Oosterweel Onder	0	0	0	0	100
Driegoten	0	0	0	0	100

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

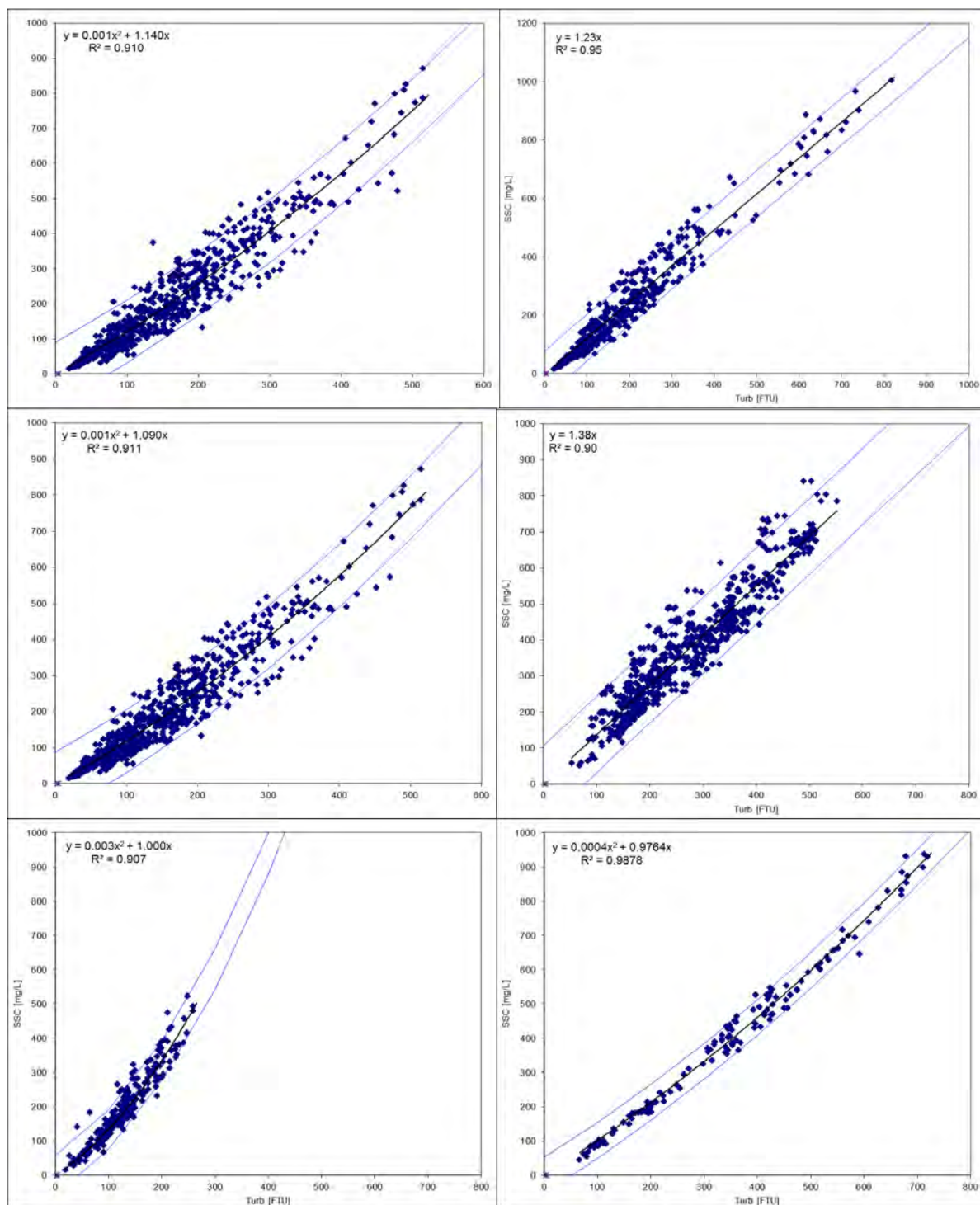
Tabel 21 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter turbiditeit (gemeten door SG2500), 2015.

	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Boei 84 Boven*	0	0	0	0	100
Boei 84 Onder*	47,94	0,06	21,41	0	30,57
Lillo Meetpaal Boven*	0	0	0	0	100
Lillo Meetpaal Onder*	0	0	21,6	0	78,39
Oosterweel Boven	97,67	0,07	0	0	2,24
Oosterweel Onder	75,96	0,06	2,61	0	21,36
Driegoten	98,28	0,09	0	0	1,62

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

In Tabel 22 en Figuur 123 en Figuur 124 (boxplots) worden enkele statistieken (minimum, maximum, gemiddelde en standaardafwijking) voor het jaar 2015 weergegeven.

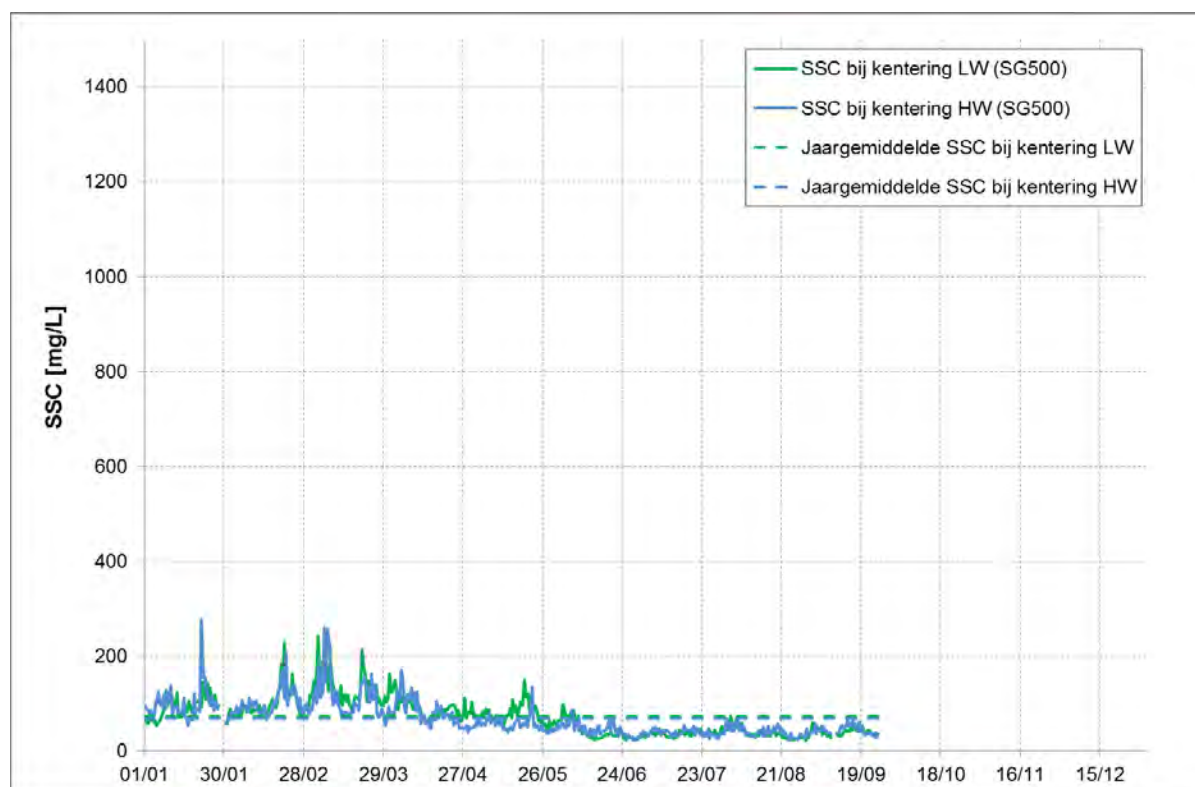
Algemeen worden de kleinste suspensiegehalten steeds geobserveerd tijdens kentering aangezien de stroomsnelheid dan minimaal is en dus "bezinking" van de sedimenten optreedt. De SSC-waarden bij kentering kunnen dus als een 'achtergrondwaarde' beschouwd worden. De SSC is o.a. functie van de stroomsnelheid en deze is functie van het tijverschil, wat gerelateerd is aan de cyclus doottij/springtij. Deze veertien/vijftiendaagse cyclus kan dan ook in de grafieken geobserveerd.



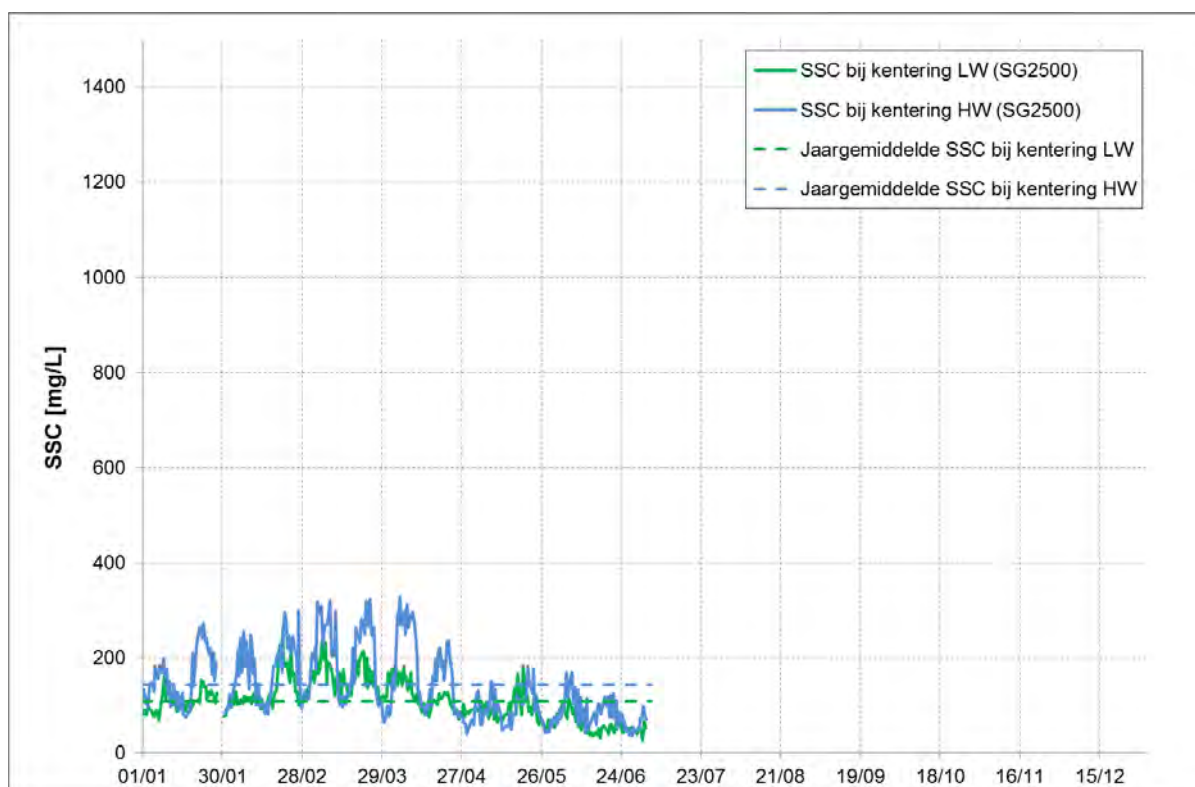
Figuur 104 - Kalibratierelaties SSC-turbiditeit met 95% voorspellingsinterval opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84 (SG500 linksboven) Boei 84 en Lillo (SG2500 rechtsboven), Lillo (SG500 midden links), Oosterweel (SG2500 midden rechts), Driegoten Zomer (SG2500 linksonder) en Driegoten Winter (SG2500 rechtsonder)

Het verloop van de SSC te Boei 84 vertoont duidelijk verhogingen tijdens januari, eind februari-maart, tweede helft mei en begin augustus. Te Lillo was de SSC duidelijk verhoogd van midden november tot midden december en in mindere mate eind september. Te Oosterweel zijn verhoogde waarnemingen te zien tijdens maart, tweede helft mei, eind september en midden november tot midden december, en in mindere mate tweede helft april, juli en begin november. Op de Beneden-Zeeschelde lijkt de SSC dus hoofdzakelijk gerelateerd te zijn aan andere processen (tij, gestorte volumes slib, etc.) eerder dan aan een

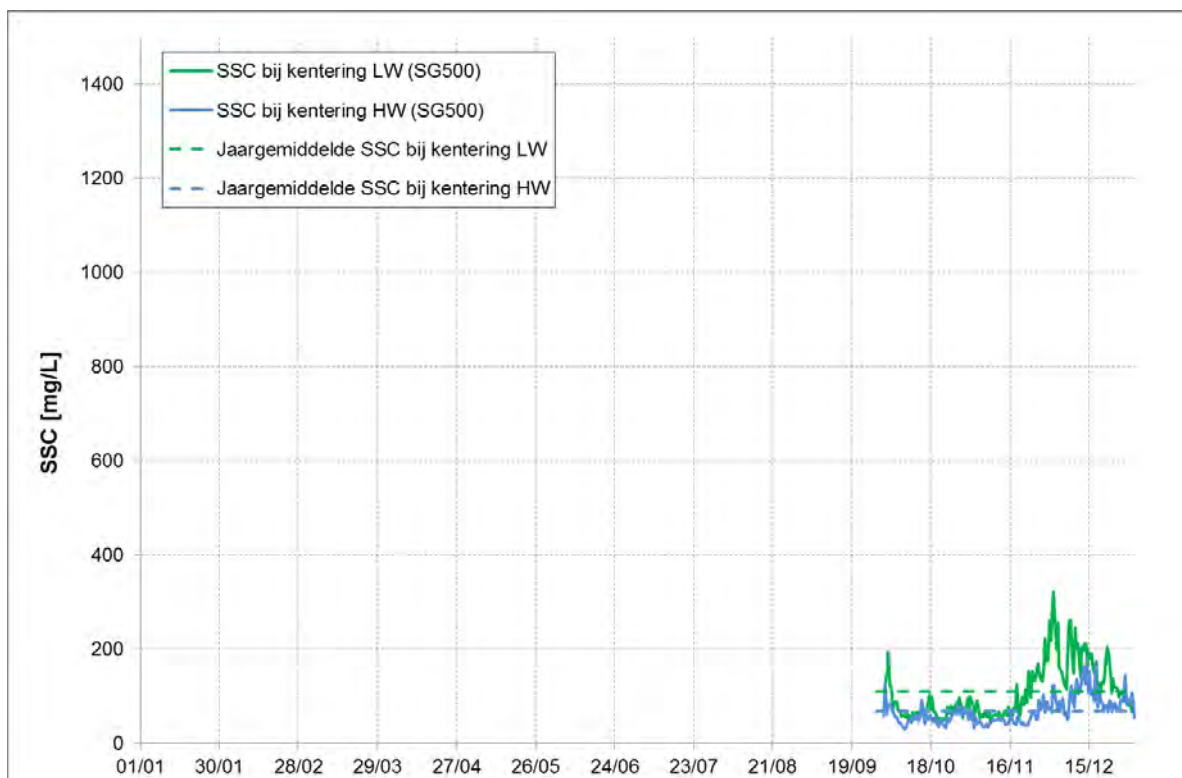
toename in de bovenafvoer, die echter ook een beperkte invloed heeft. Dit wordt bevestigd door een studie van IMDC (2013) in het kader van flexibel storten.



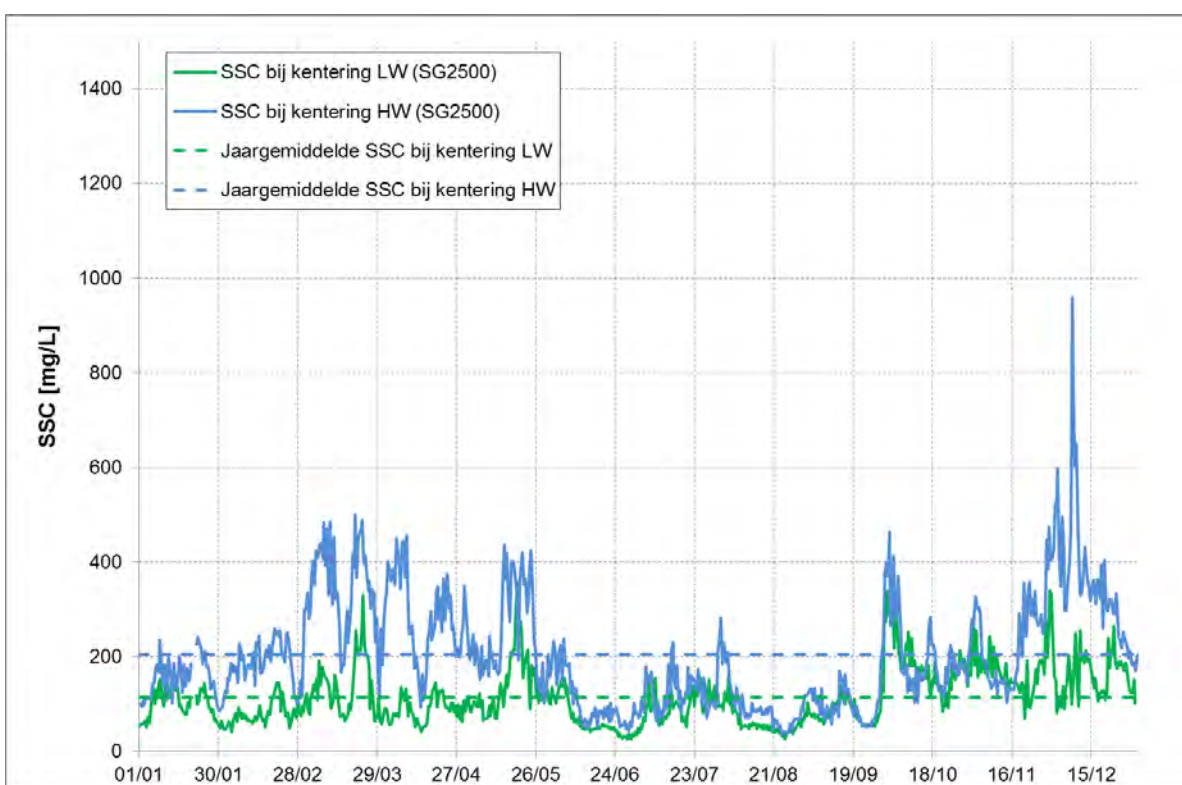
Figuur 105 - SSC bij K LW en K HW te Boei 84 (Beneden -Zeescheldebekken), bovenste meettoestel (2015)



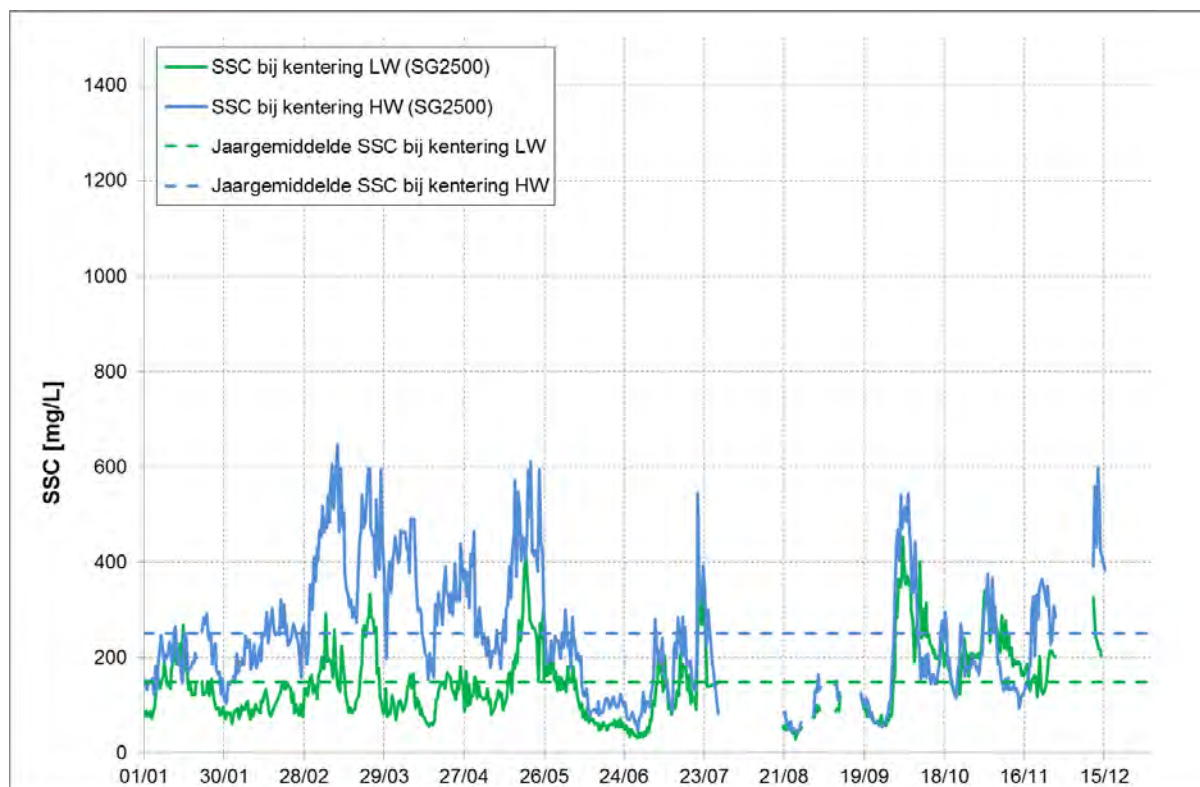
Figuur 106 - SSC bij K LW en K HW te Boei 84 (Beneden -Zeescheldebekken), onderste meettoestel (2015)



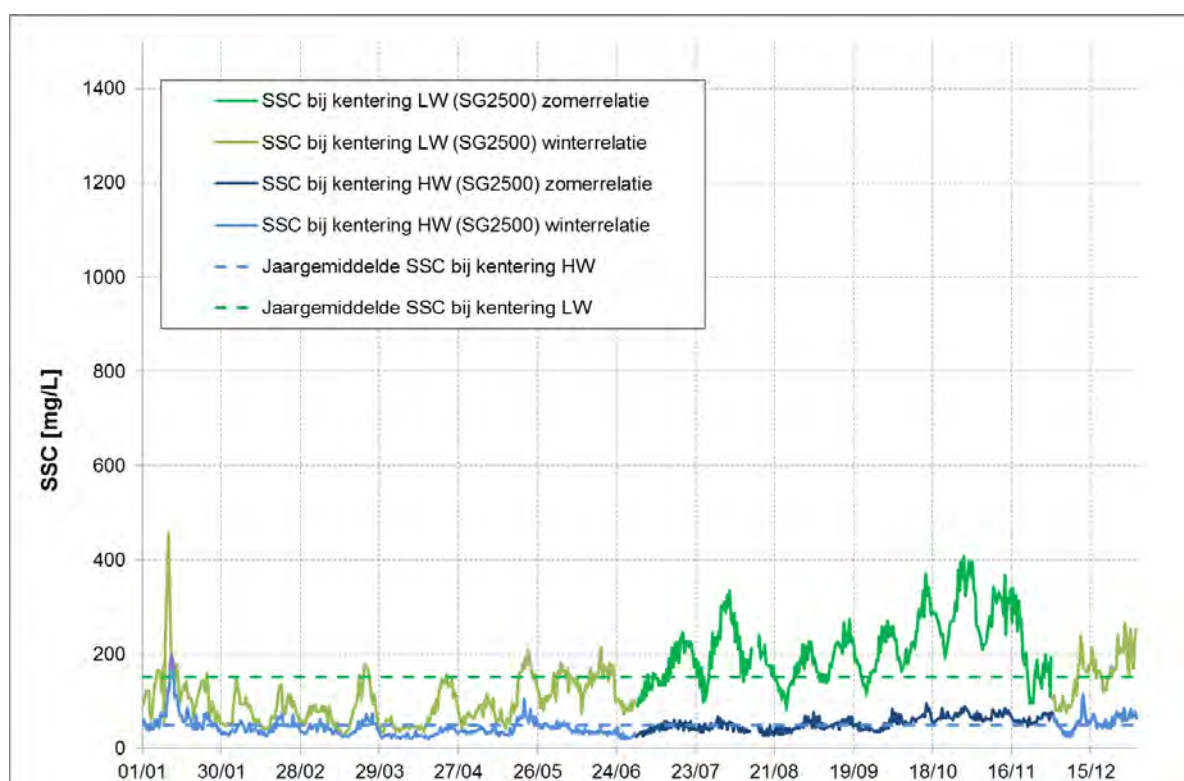
Figuur 107 - SSC bij K LW en K HW te Lillo Meetpaal (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



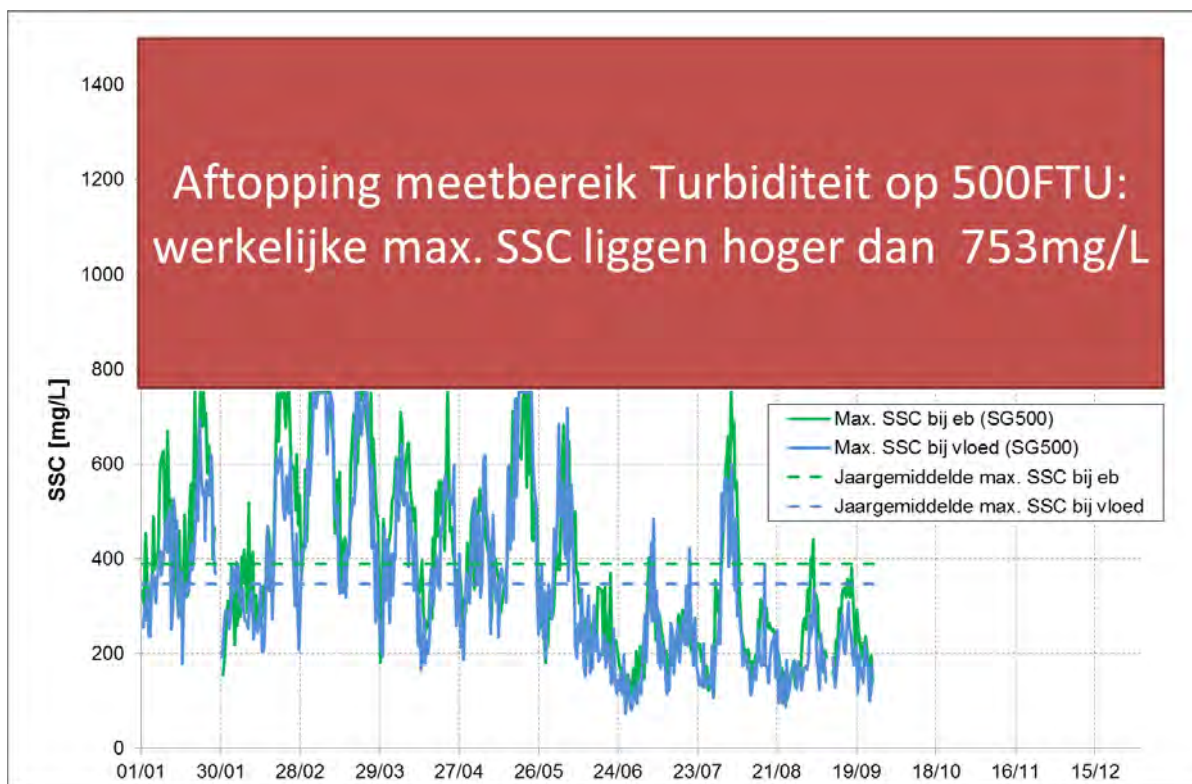
Figuur 108 - SSC bij K LW en K HW te Oosterweel (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



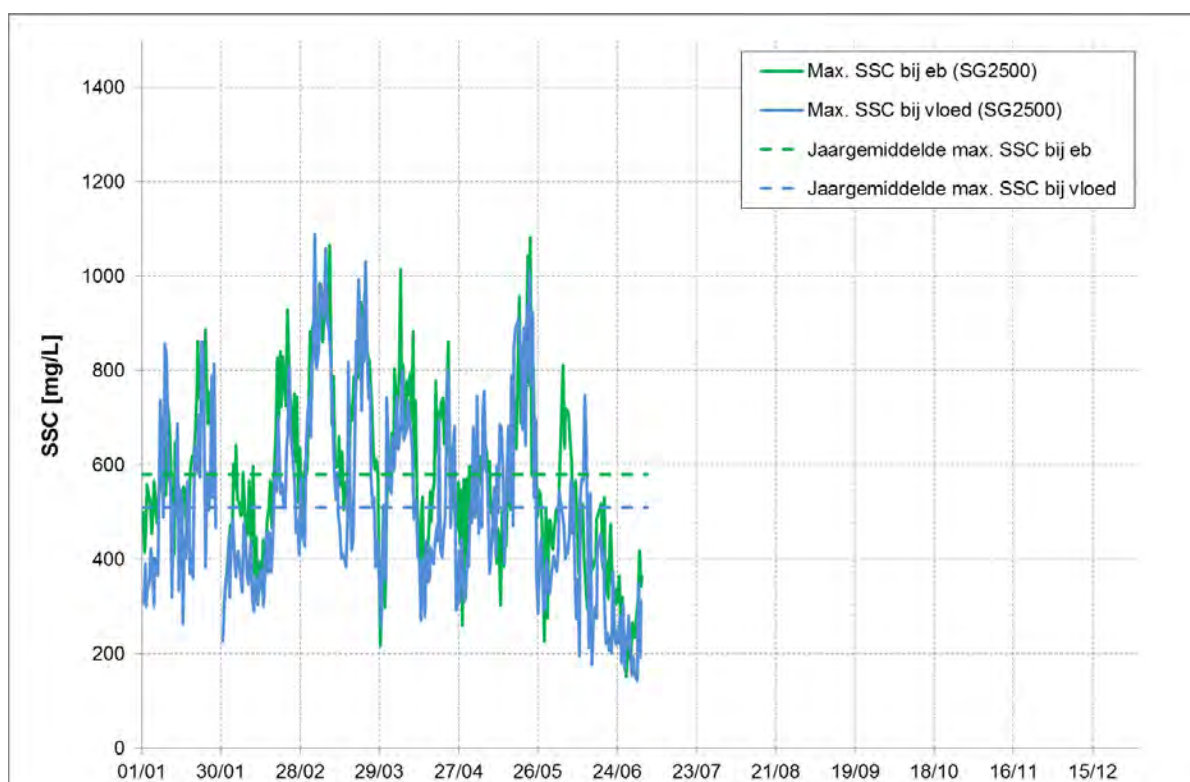
Figuur 109 - SSC bij K LW en K HW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



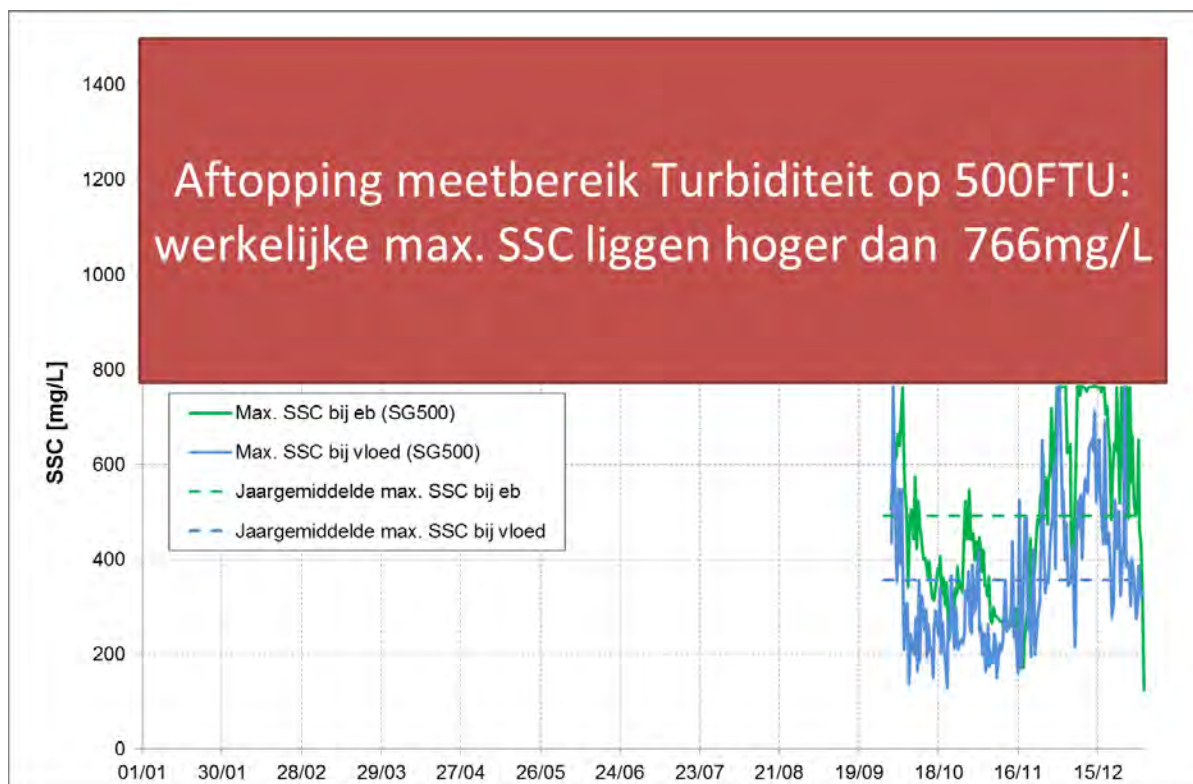
Figuur 110 - SSC bij K LW en K HW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)



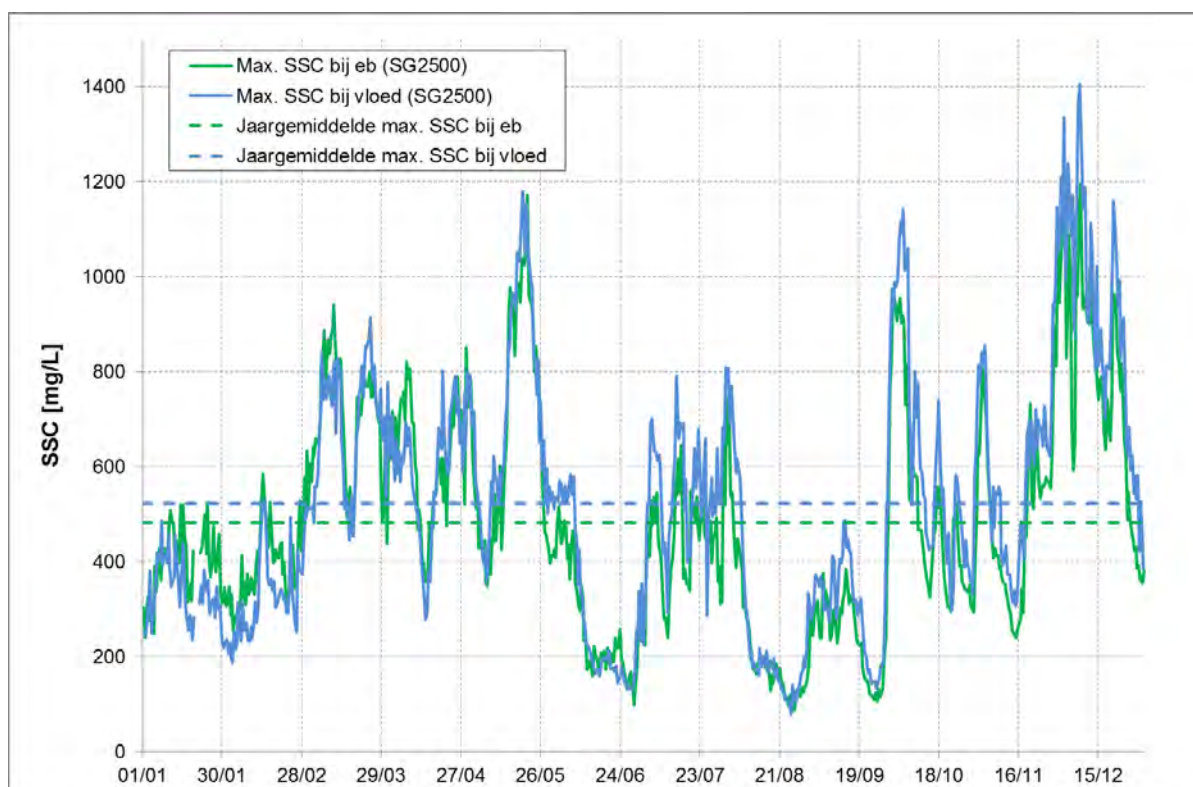
Figuur 111 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



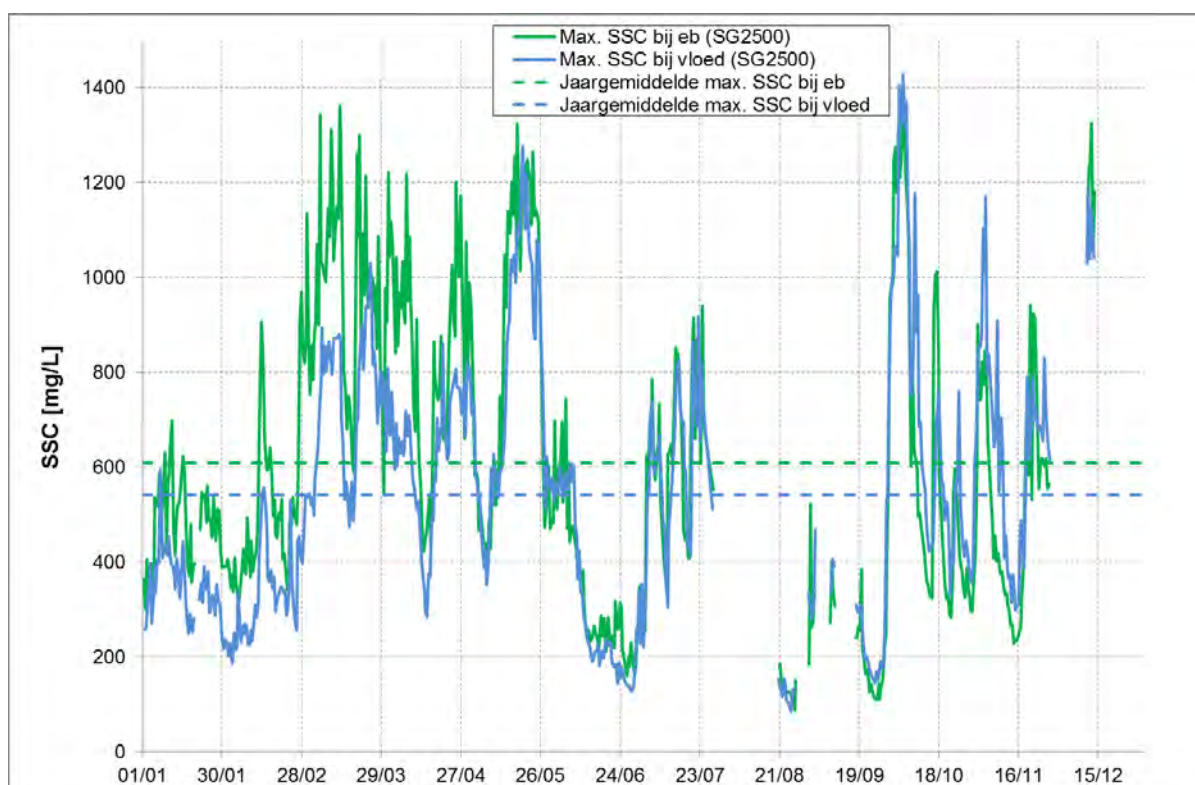
Figuur 112 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



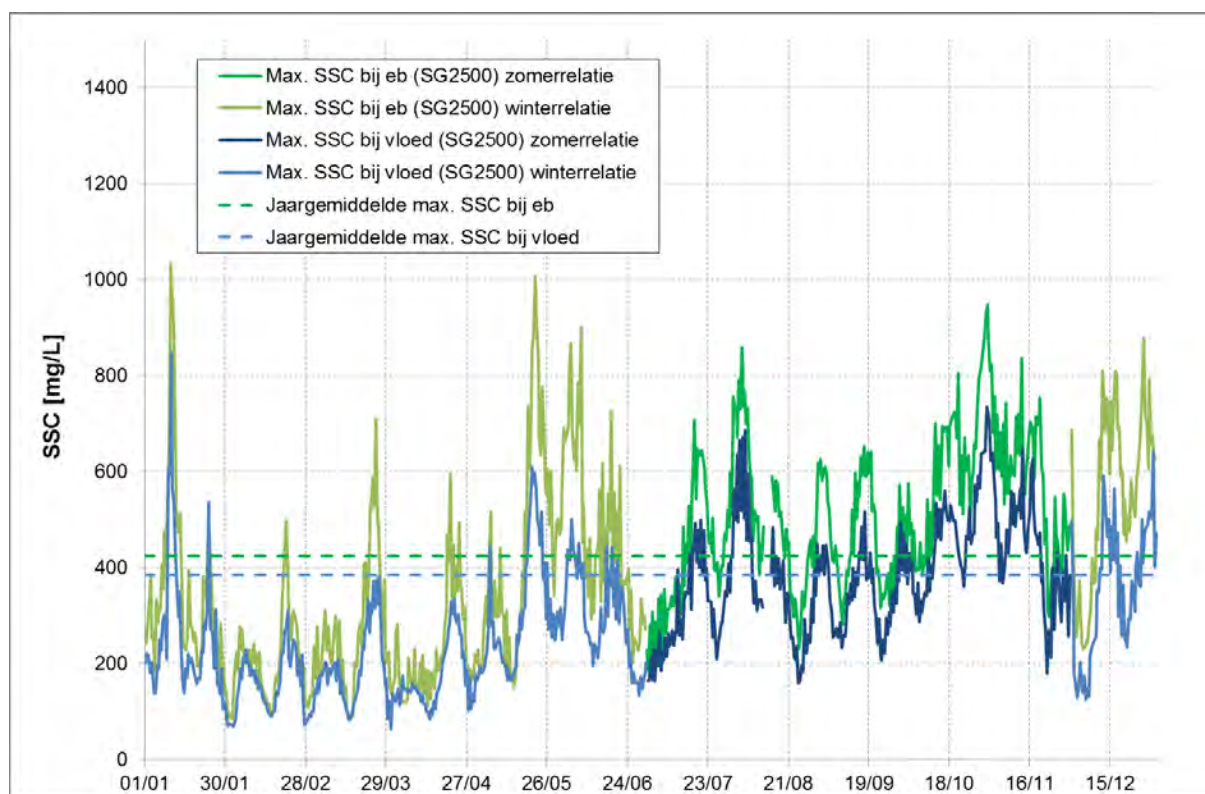
Figuur 113 - Maximale SSC bij eb en vloed te Lillo (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



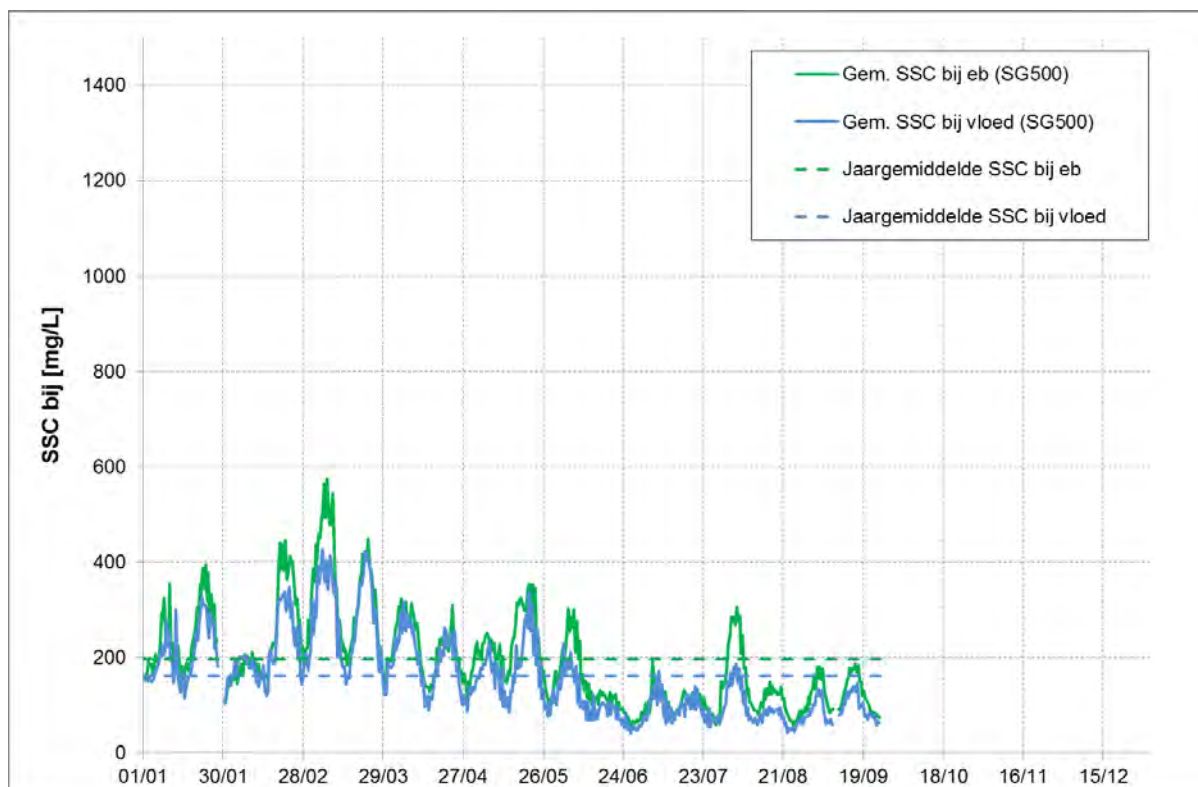
Figuur 114 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



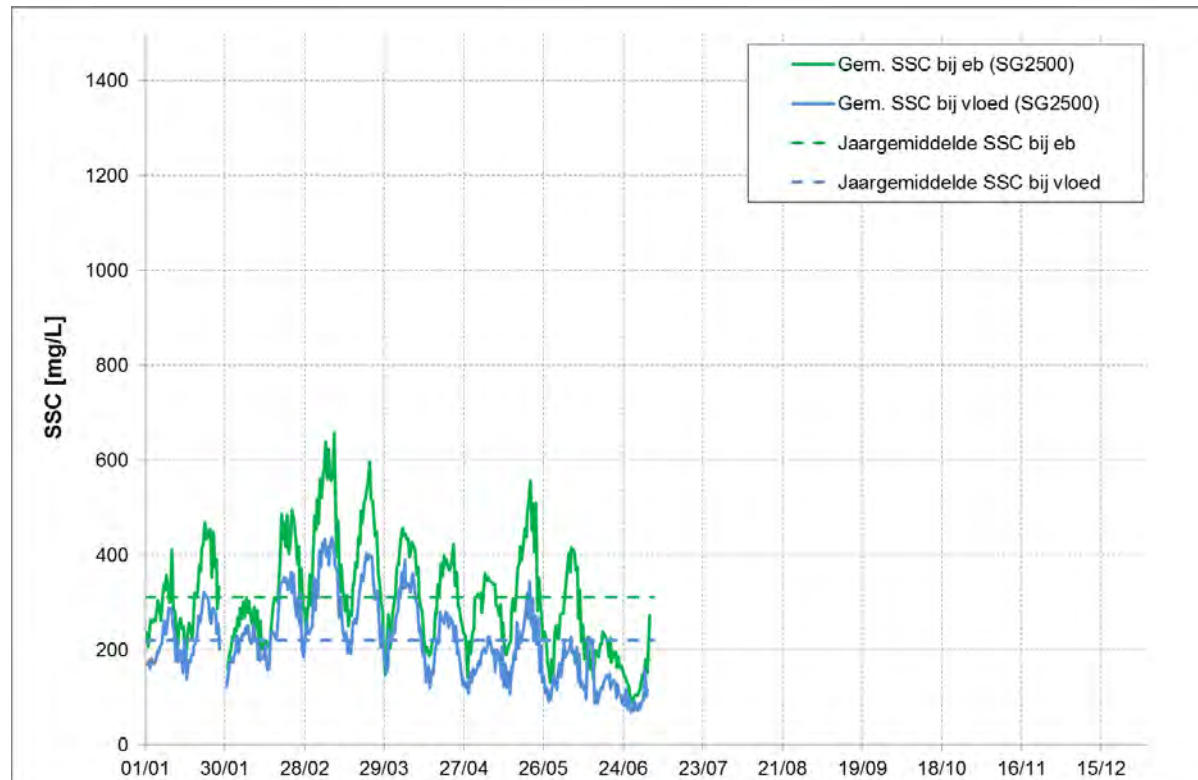
Figuur 115 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeescheldebekken), onderste meettoestel (2015)



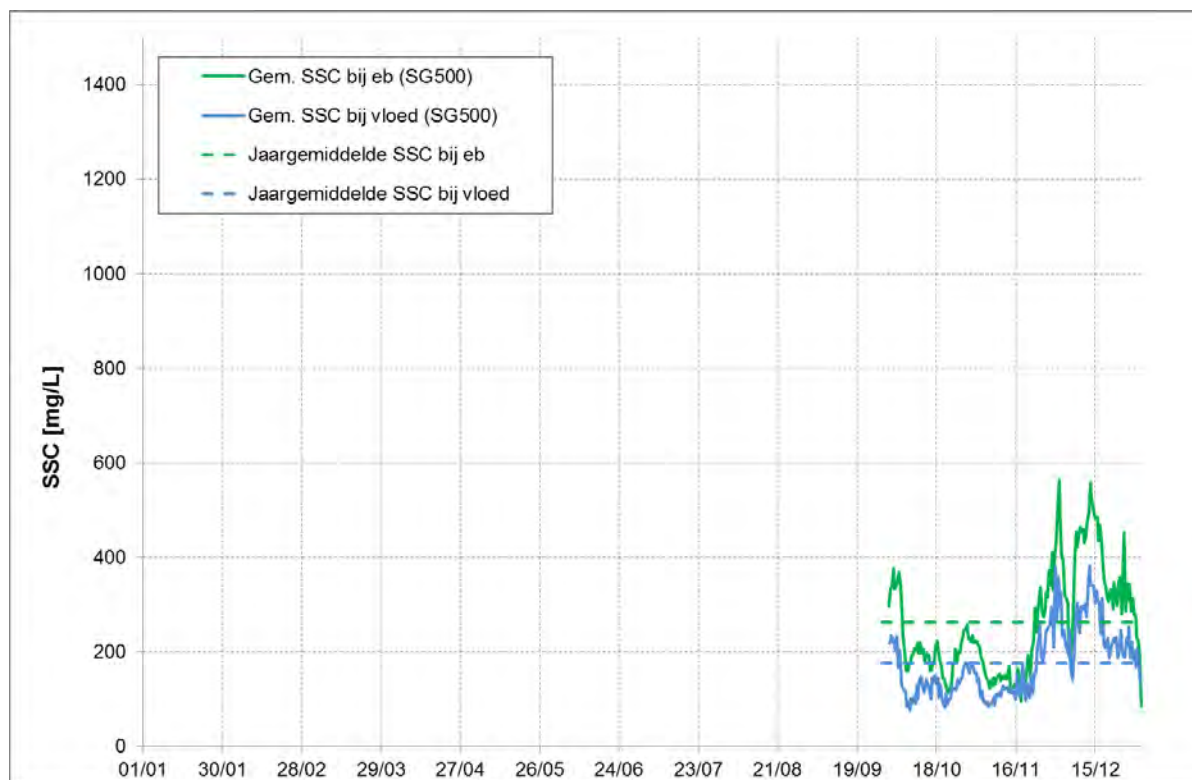
Figuur 116 - Maximale SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeescheldebekken) (2015)



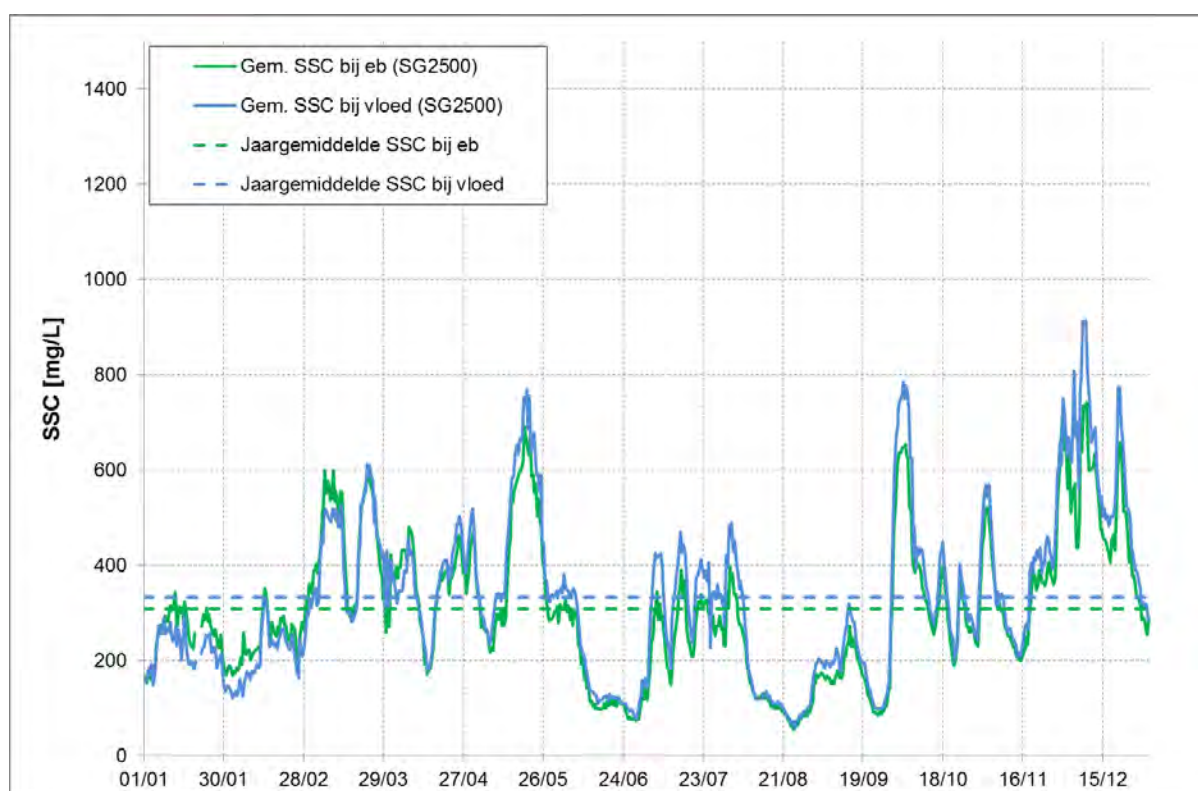
Figuur 117 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015). Wegens aftopping van de turbiditeitssonde boven 500NTU zijn deze gemiddelde waarden onderschattingen



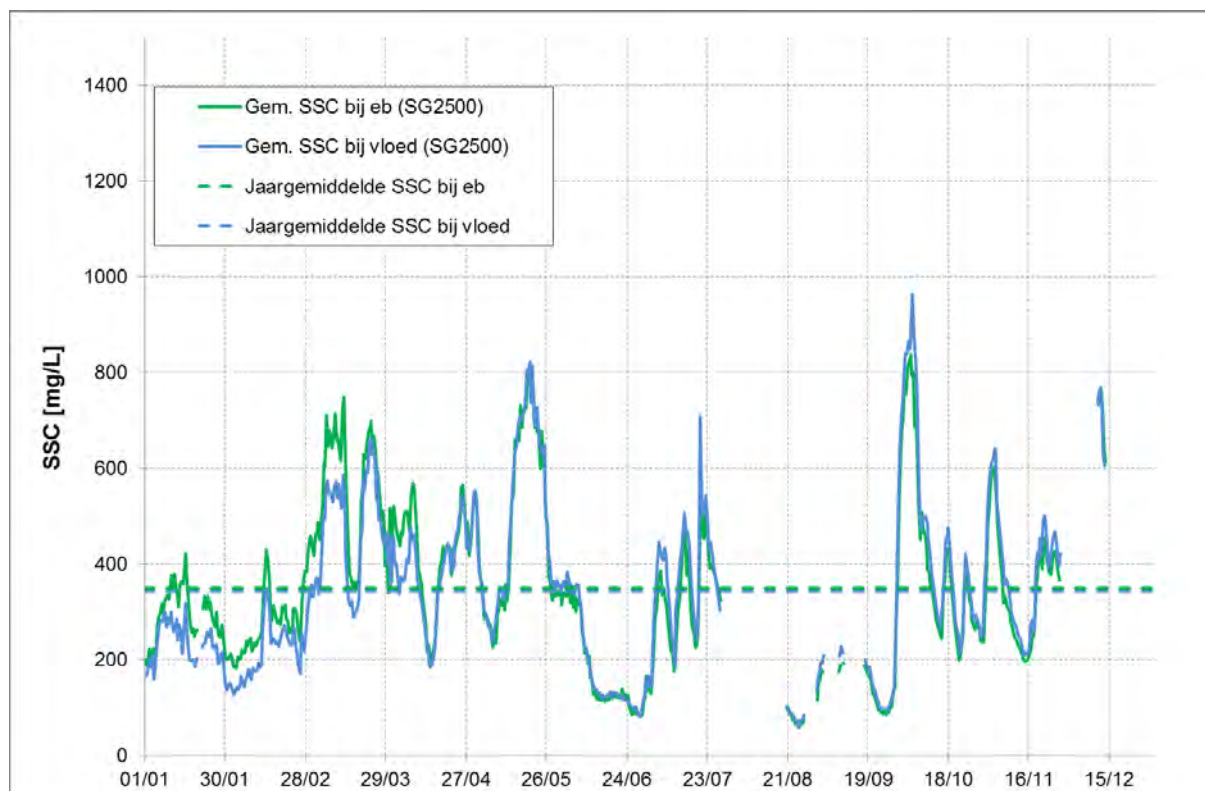
Figuur 118 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



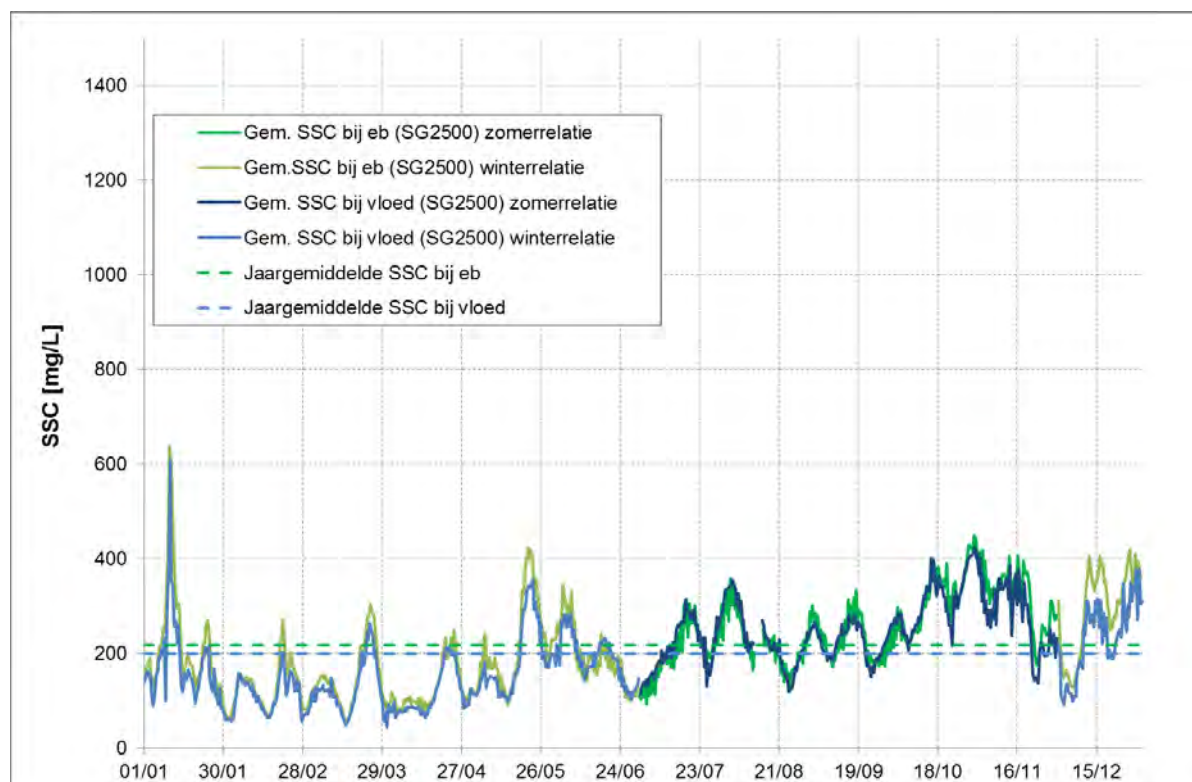
Figuur 119 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Lillo (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015). Wegens aftopping van de turbiditeitssonde boven 500NTU zijn deze gemiddelde waarden onderschattingen



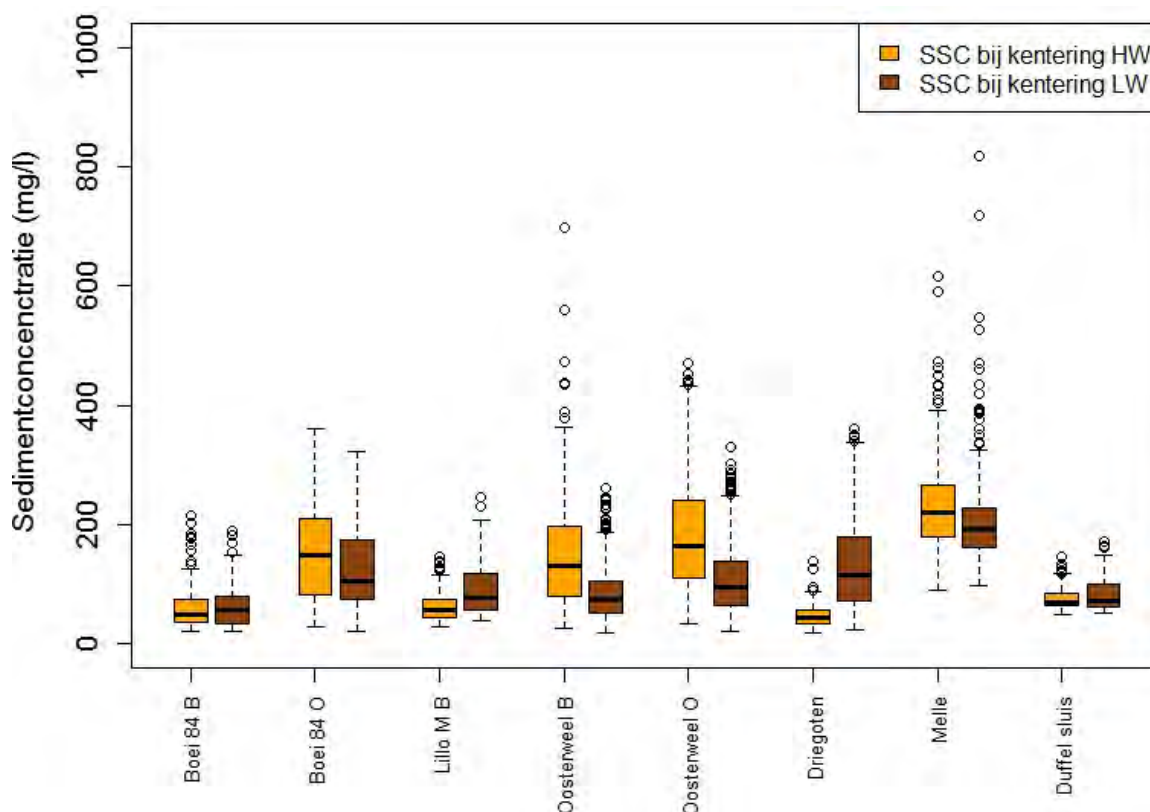
Figuur 120 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2015)



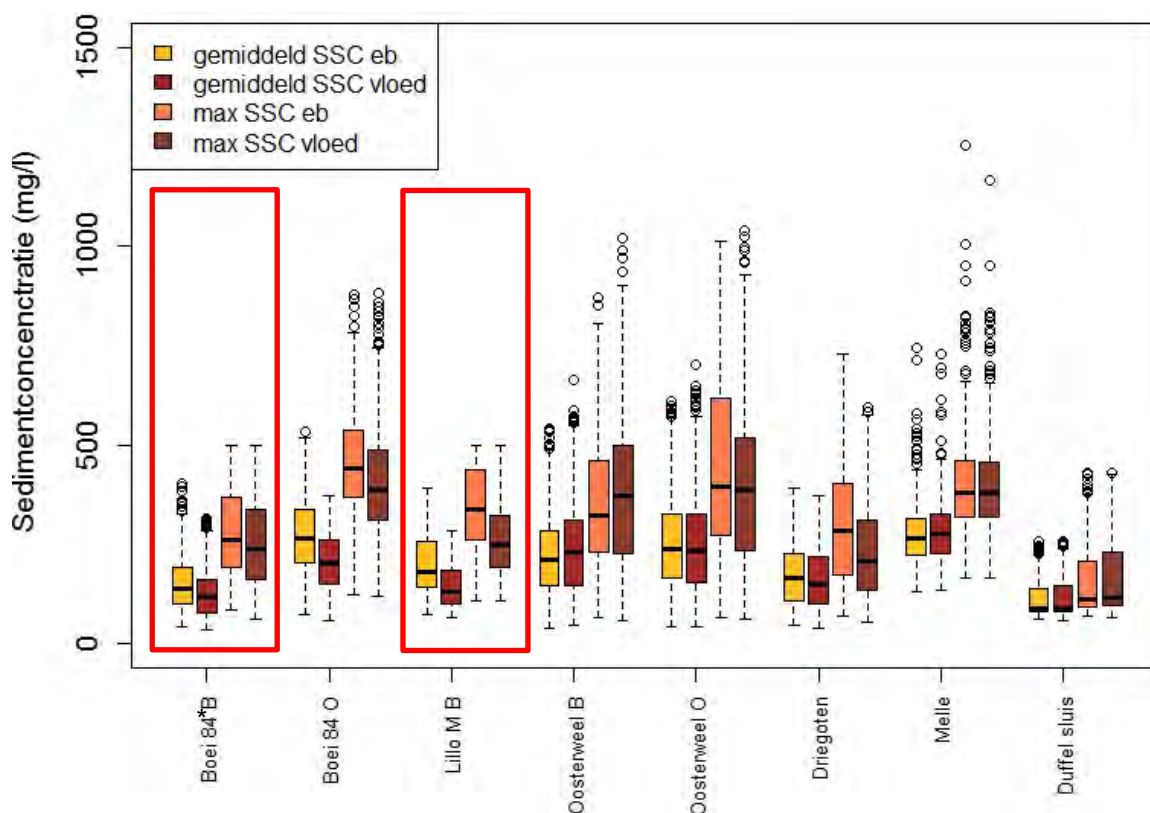
Figuur 121 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2015)



Figuur 122 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2015)



Figuur 123 - Boxplot voor de SSC bij KHW en KLW op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2015)



Figuur 124 - Boxplot voor de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2015)

Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar; atopping van turbiditeitssonde bij meetwaarden > 500 FTU heeft ook effect op de statistische kerngetallen te Boei 84 Boven en Lillo Boven

Tabel 22 - Minimum, gemiddelde, maximum en standaardafwijking van de SSC bij KHW en KLW en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de getijde meetlocaties en op jaarbasis op niet-getijde meetlocaties (2015)

Meet-locatie	Min	Gemiddelde	Max	STDEV	Min	Gemiddelde	Max	STDEV
SSC (mg/L) bij KHW					SSC (mg/L) bij KLW			
Boei 84 boven*, †, •	19,02	58,05	213,73	29,91	19,6	60,71	190,24	31,07
Boei 84 onder*, †	28,73	152,95	359,98	80,32	21,25	130,62	322,4	75,59
Lillo Boven*, †, •	28,1	59,66	146,8	23,87	38,88	92,38	245,93	44,9
Oosterweel boven	26,5	147,99	697,6	86,54	18,7	82,79	259,5	43,19
Oosterweel onder †	32,1	182,6	469,9	96,78	21,5	107,29	330,1	56,39
Driegoten	17,8	45,24	137,8	16,08	23,5	130,43	359,7	73,58
Melle	88,08	227,14	617,05	66,96	96,89	201,39	818,32	64,28
Duffel Sluis	49,44	75,09	144,72	16,46	50,7	80,97	171,36	24,1
Maximale SSC (mg/L) bij eb					Maximale SSC (mg/L) bij vloed			
Boei 84 boven*, †, •	84,64	282,34	498,92	114,61	60,95	254,9	498,97	112,77
Boei 84 onder*, †	123,42	457,06	878,56	135,76	117,03	413,63	883,03	148,85
Lillo Boven*, †, •	105,74	345,73	498,9	104,58	108,74	263,82	498,89	91,65
Oosterweel boven	64	351,3	870	170,1	59	380,75	1021	192,33
Oosterweel onder †	65	443,49	1013	227,47	62	394,54	1038	197,64
Driegoten	67	299,98	730	149,81	55	231,79	594	116,44
Melle	166,15	395,56	1254,14	122,06	165,64	395,18	1164,99	115,72
Duffel Sluis	69,41	152,46	429,14	79,48	65,11	165,7	429,14	93,37
Gemiddelde SSC (mg/L) bij eb					Gemiddelde SSC (mg/L) bij vloed			
Boei 84 boven*, †, •	43,53	153,36	400,79	70,73	34,99	128,47	312,95	62,78
Boei 84 onder*, †	73,13	270,59	533,99	88,3	55,71	205,89	373,21	75,09
Lillo Boven*, †, •	74,28	202,98	392,26	76,48	66	143,43	285	53,29
Oosterweel boven	40	224,69	540	109,05	44	242,45	664	125,46
Oosterweel onder †	43	255,19	609	126,75	43	249,66	701	128,43
Driegoten	47	173,83	392	77,63	39	163,4	372	75,86
Melle	128,31	273,46	744,85	73,81	133,72	281,76	727,96	75,92
Duffel Sluis	61,2	112,35	255,73	42,32	56,46	113,86	257,49	46,41
Gemiddelde SSC (mg/L)								
Dendermonde †	26	100	1661	134				
Epegem †	12	118	1003	115				

* De meetposten werden in september 2015 afgebroken (Boei 84) of opgezet (Lillo Meetpaal) waardoor niet het hele jaar gemeten werd.

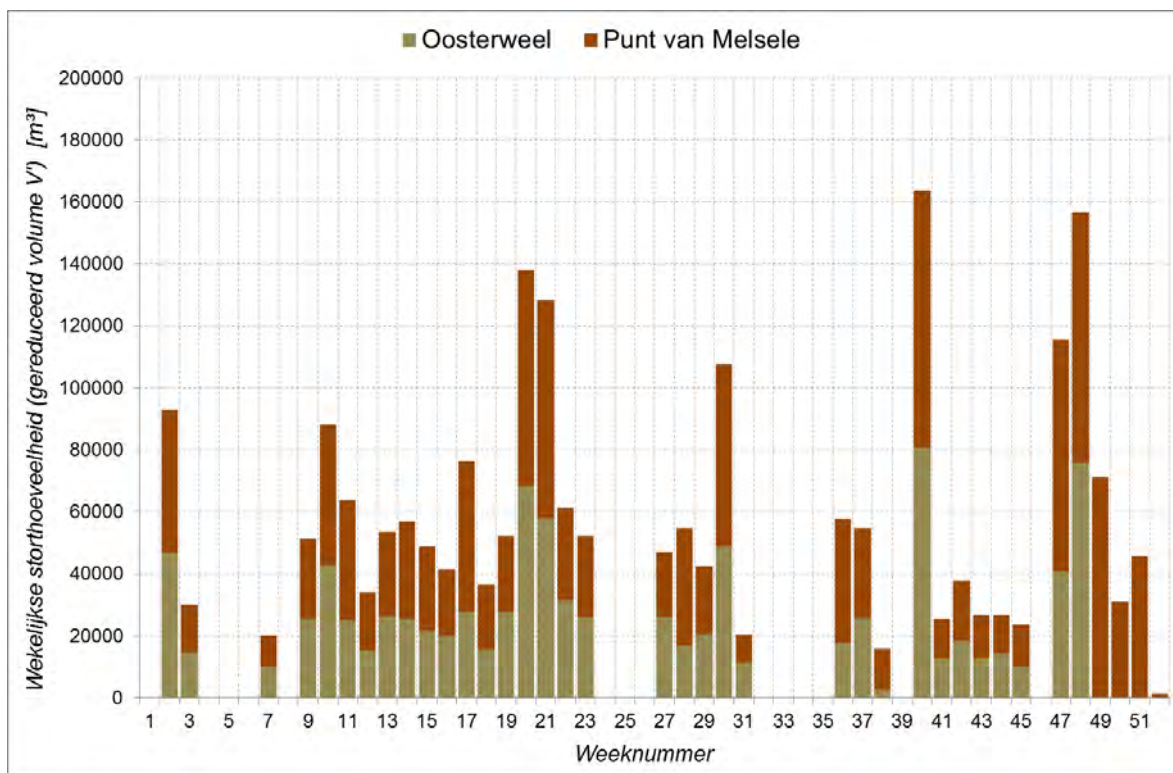
† Gegevens zijn gebaseerd op een onvolledige tijdsreeks, d.w.z. minder dan 90 % van de data kon als 'Good' beschouwd worden.

• Aftopping van turbiditeitssonde bij meetwaarden > 500 FTU heeft ook effect op de statistische kerngetallen

Ter hoogte van de Benedenschelde bevinden zich een aantal baggerstortplaatsen. Wanneer op deze locaties een aanzienlijke hoeveelheid baggermateriaal gestort wordt kan zich, tijdelijk, een verhoogde sedimentconcentratie voordoen en dit zowel rondom als meer stroomafwaarts van de stortlocaties. Een overzicht van de wekelijkse storthoeveelheden in 2015 voor de baggerstortplaatsen 'Oosterweel' en 'Punt van Melsele' is weergegeven in Figuur 125. De grootste pieken (> 100 000 m³) komen voor in week 20-21 (midden mei), week 30 (eind juli), week 40 (eind september – begin oktober) en week 47-48 (eind november - begin december). Het lijkt er dus op dat een aantal periodes met verhoogde SSC waarnemingen aan verhoogde stortintensiteit kan toegeschreven worden.

Te Driegoten situeren de SSC-pieken zich rond midden januari, eind maart, eind mei tot begin juni, tweede helft juli tot midden augustus, tweede helft oktober tot midden november en tweede helft december. Ook te Driegoten (Boven-Zeeschelde) lijkt de SSC dus niet éénduidig gecorreleerd te zijn met verhoogde bovenafvoer, in tegenstelling tot voorgaande jaren waar deze link duidelijker was, met uitzondering van 2014. Dit is wellicht het gevolg van een algemeen lage bovenafvoer in 2014 en 2015.

Het is bekend dat zich tussen Dendermonde en Doel, een zone van verhoogde turbiditeit/SSC voordoet, die volgens de langsas naar op- of afwaarts verschuift al naargelang de grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, net zoals de brakke zone (Vandenbruwaene et.al., 2015). Op zich vormt dit al een eerste drijfveer van seizoenale variatie van turbiditeit/SSC.



Figuur 125 - Wekelijkse storthoeveelheid op de baggerstortplaatsen 'Oosterweel' en 'Punt van Melsele' (2015). De hoeveelheden staan weergegeven als gereduceerd volume (V) in m³.

De temperatuur van het Scheldewater is mede een tweede doch onrechtstreekse drijfveer: tijdens de winter zullen de suspensie-partikels meer als aparte deeltjes aanwezig zijn, terwijl in de zomer meer als samengeklitte vlokken. Ook de mogelijkheid van erosie of resuspensie van deeltjes is zo seizoenaal gebonden.

Er kan een toename in turbiditeit/SSC tijdens juli t.e.m. november worden waargenomen op de Boven-Zeeschelde te Driegoten. Dit zou kunnen verklaard worden door de opschuiving van het turbiditeitsmaximum dat in de Zeeschelde aanwezig is. In zomer-omstandigheden gaat die meer naar stroomopwaarts, door de lange relatief droge periode. De turbiditeit/SSC op de Boven-Zeeschelde zakt namelijk opnieuw vanaf december. De periode van verhoogde turbiditeit/SSC te Driegoten begon vroeger en duurde langer dan tijdens voorgaande jaren, hoewel dit gelijkaardig was in 2014. Door de algemeen lage bovenafvoer kon de turbide zone zich willicht vroeger stroomopwaarts verplaatsen en zich daar langduriger handhaven.

Te Boei 84 vertonen de suspensiegehaltes voor het bovenste meettoestel bij KHW en KLW een gelijkaardig verloop. Bovendien zijn hun gemiddelden evenals de waardenrange niet significant verschillend. Te Oosterweel (onder en boven) en Boei 84 onderste meettoestel is de SSC bij KHW beduidend groter (gemiddelde en maximum) dan bij KLW, vooral tijdens de wintermaanden, terwijl te Driegoten (zeer duidelijk in juli-november) en het bovenste meettoestel van Lillo het omgekeerde zich voordoet.

Te Boei 84 vertonen de maximale SSC's bij eb en vloed een gelijkaardig verloop. Bovendien zijn hun gemiddelden evenals de waardenrange slechts beperkt hoger bij eb, terwijl dit te Lillo meer uitgesproken is. Te Oosterweel bovenste meettoestel is de maximale SSC bij vloed wat groter dan bij eb terwijl voor het onderste meettoestel de max. SSC bij eb wat hoger is, vnl. tijdens de winter, maar de verschillen zijn beperkt. De maximale SSC-waarden bij eb zijn te Driegoten groter dan deze respectieve waarden bij vloed op dezelfde locatie. Dat laatste kan verklaard worden uit het snelheidsverloop (Figuur 62). De stroomsnelheid is te Driegoten immers hoger bij eb dan bij vloed, zodat meer sediment in suspensie wordt gebracht en/of gehouden.

De grafiek voor het bovenste meettoestel te Boei 84 en Lillo vertoont een aftopping tijdens eind januari, maart, midden mei en eind november t.e.m. december, bij suspensiegehaltes berekend uit een turbiditeit van 500 FTU. Dit zal ook een effect hebben op de afgeleide parameters (zoals gemiddelde en maximale

SSC bij eb en vloed). De SSC-waarden bij kentering zijn sowieso de minimale sedimentconcentraties en zullen dus niet of veel minder beïnvloed zijn door het aftoppingsverschijnsel.

De gemiddelde SSC bij eb is een beetje groter dan deze bij vloed te Boei 84 en Lillo. Te Oosterweel zijn de gemiddelde SSC-waarden bij eb en vloed zeer gelijkaardig, iets hoger bij eb tijdens januari-maart en vice versa. Ook te Driegoten verschilt de gemiddelde SSC nauwelijks bij eb en vloed, al is ze tijdens eb iets groter.

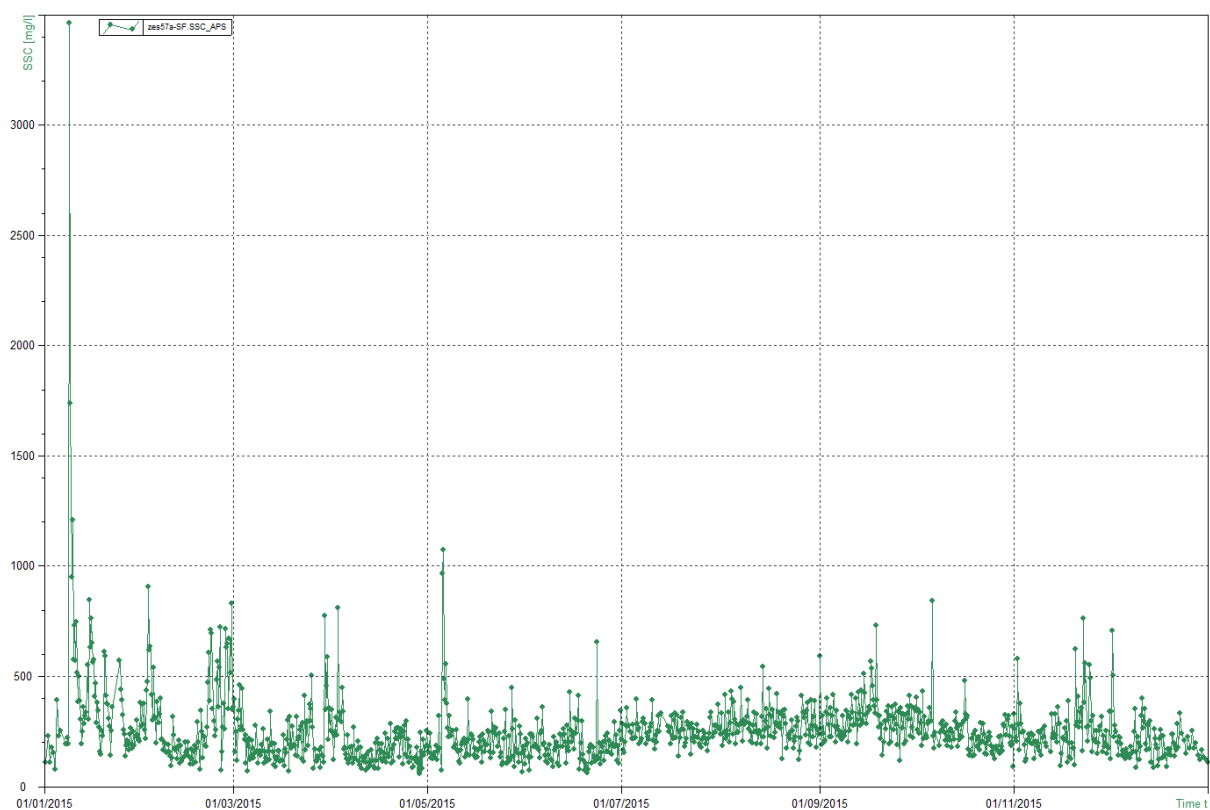
In tegenstelling tot de meetlocaties in het 'maritieme' gedeelte van het Zeescheldebekken, zijn de meetlocaties te Duffel Sluis, Dendermonde, Eppegem en Melle erg toegankelijk, is er een vast en ruim platform, en kan er gebruik gemaakt worden van het stroomnet. Daarom kon er op deze locaties een automatisch staalnametoestel (ISCO type 6712FR) geïnstalleerd worden (zie Figuur 126). Dit toestel is geprogrammeerd om elke zeven uur een staalname uit te voeren. De stalen worden gekoeld bewaard ter plaatse en eenmaal per week opgehaald en naar het sedimentologisch laboratorium gebracht. Daar wordt de sedimentconcentratie op deze stalen bepaald aan de hand van filtratie (De Schutter & Mostaert, 2009).



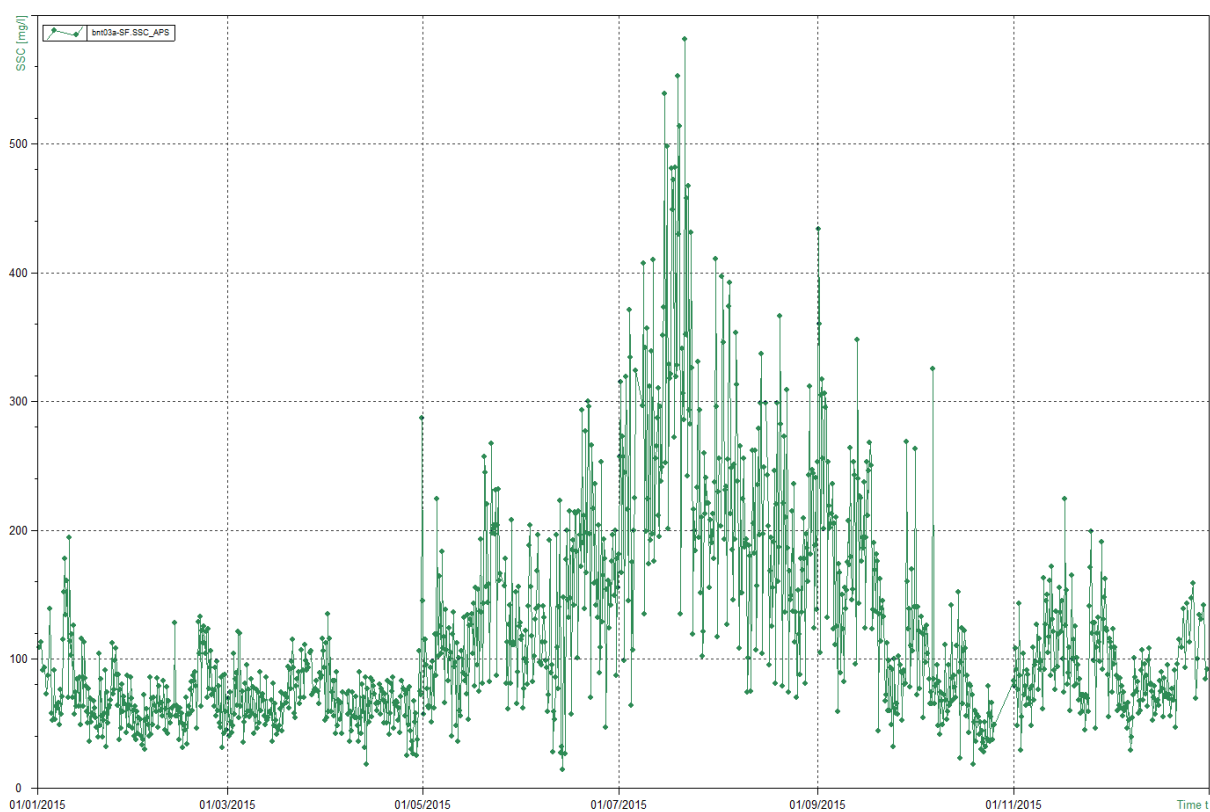
Figuur 126 - Automatisch staalnametoestel ISCO (type 6712FR) met koeling
Teledyne (Teledyne Technologies Inc.; 2012).

In Figuur 127 t.e.m. Figuur 130 worden de suspensiegehaltes (SSC in mg/L) weergegeven voor de stations te Melle, Duffel Sluis, Dendermonde en Eppegem zoals verkregen uit de zevenuurlijkse ISCO staalname.

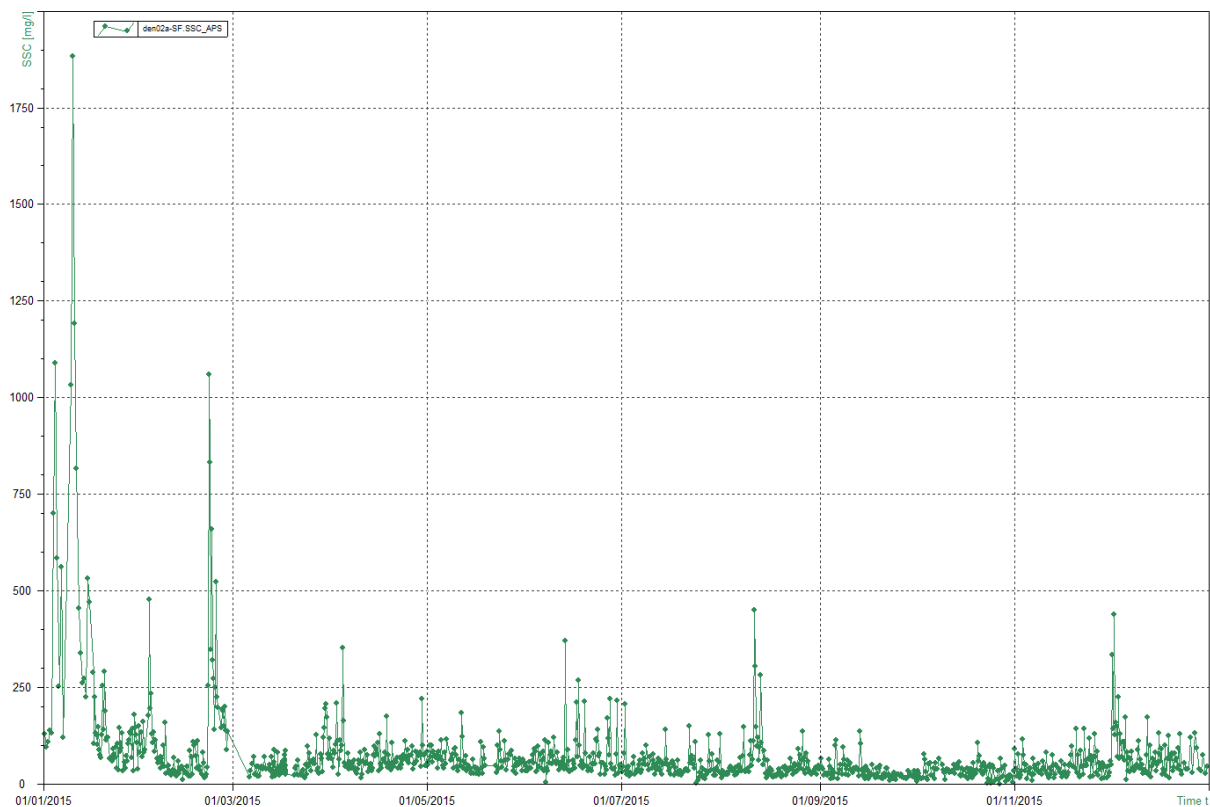
Met uitzondering van enkele pieken liggen de SSC-waarden te Melle hoofdzakelijk in de range 100-500 mg/L. Voor Duffel Sluis is deze range 50-400 mg/L (duidelijk hoger in mei-september), voor Eppegem en Dendermonde 0-150 mg/L.



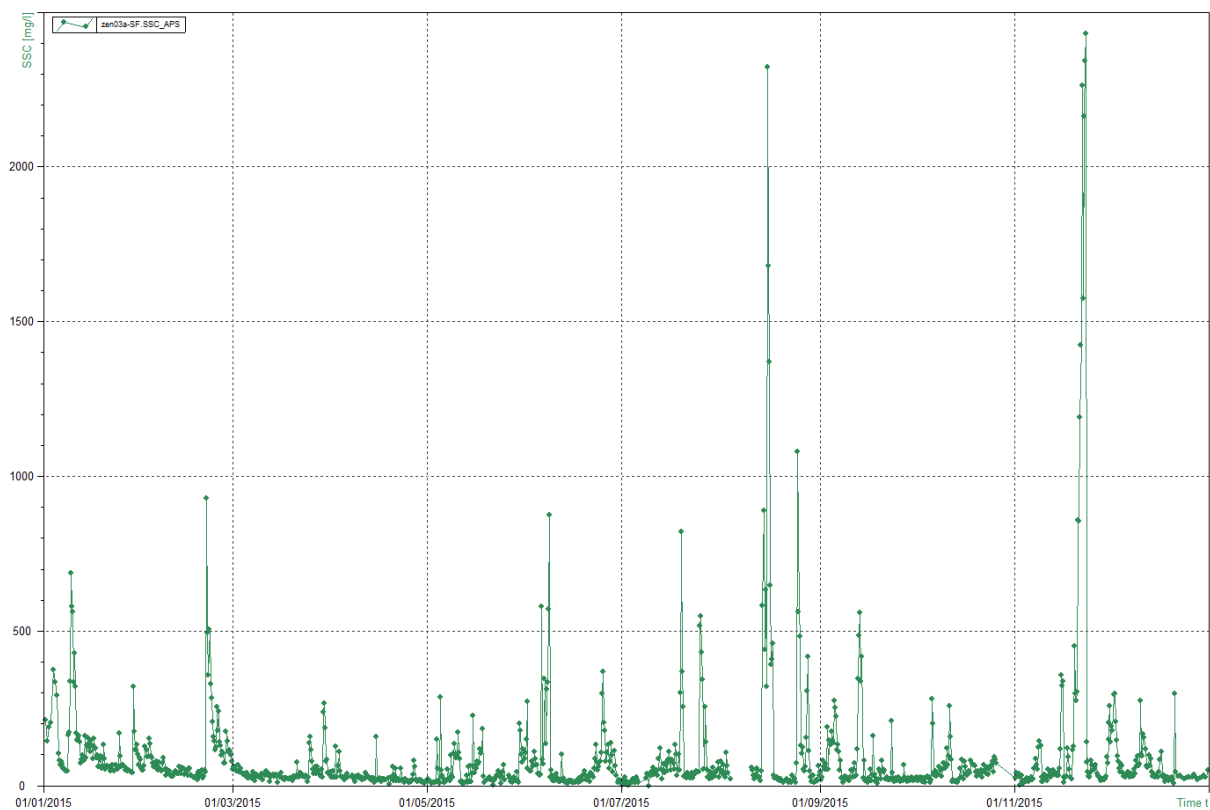
Figuur 127 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Melle (Boven-Zeeschelde)



Figuur 128 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Duffel Sluis (Beneden-Nete)



Figuur 129 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Dendermonde (Dender)



Figuur 130 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Eppegem (Zenne)

De maximale SSC-waarden te Duffel Sluis doen zich voor tijdens de zomermaanden en zijn 200 à 600 mg/L groot. Deze vallen slechts gedeeltelijk samen met de afvoerpieken. Eenzelfde trend (niet aan debiet gerelateerde verhoogde sedimentconcentraties) werden ook al in 2011, 2013 en 2014 in Duffel Sluis gerapporteerd (Vereecken et.al., 2012; Vanlierde et al., 2015a; Vanlierde et al., 2015b) maar werden in 2012 niet geobserveerd (Vanlierde et.al., 2013). Dit kan gelinkt worden aan het opwaarts schuiven van het estuarien turbiditeits maximum door beperktere boven afvoer tijdens de zomer maanden. Hetzelfde proces kan ook opgemerkt worden ter hoogte van Driegoten.

De maximum SSC-waarde te Melle bedraagt 3.462 mg/L en treedt op tijdens de periode van verhoogde afvoer in de eerste helft van januari. Daarnaast werden duidelijke SSC-pieken bepaald tijdens de periodes van verhoogde bovenafvoer eind januari-begin februari, eind februari-begin maart, eind maart-begin april, begin mei, eind november en begin december.

Te Dendermonde bedraagt de max. SSC 1.883 mg/L, tijdens de periode van verhoogde afvoer in de eerste helft van januari. Ook hier leidden de verhoogde afvoeren tijdens eind januari-begin februari, eind februari, eind maart-begin april en eind november tot een verhoging van het SSC gehalte. Ook in juni en eerste helft augustus werden er verhoogde SSC gehalten waargenomen, hoewel er in deze periodes geen toename in afvoer was.

Te Eppegem vallen de SSC maxima samen met periodes van verhoogde afvoer in eerste helft januari, eind januari-begin februari, eind februari, eind maart-begin april, begin en eind juni, tweede helft juli, tweede helft augustus, midden september, midden november en eind november-begin december. De maximale SSC (2.432 mg/L) werd gemeten in eind november.

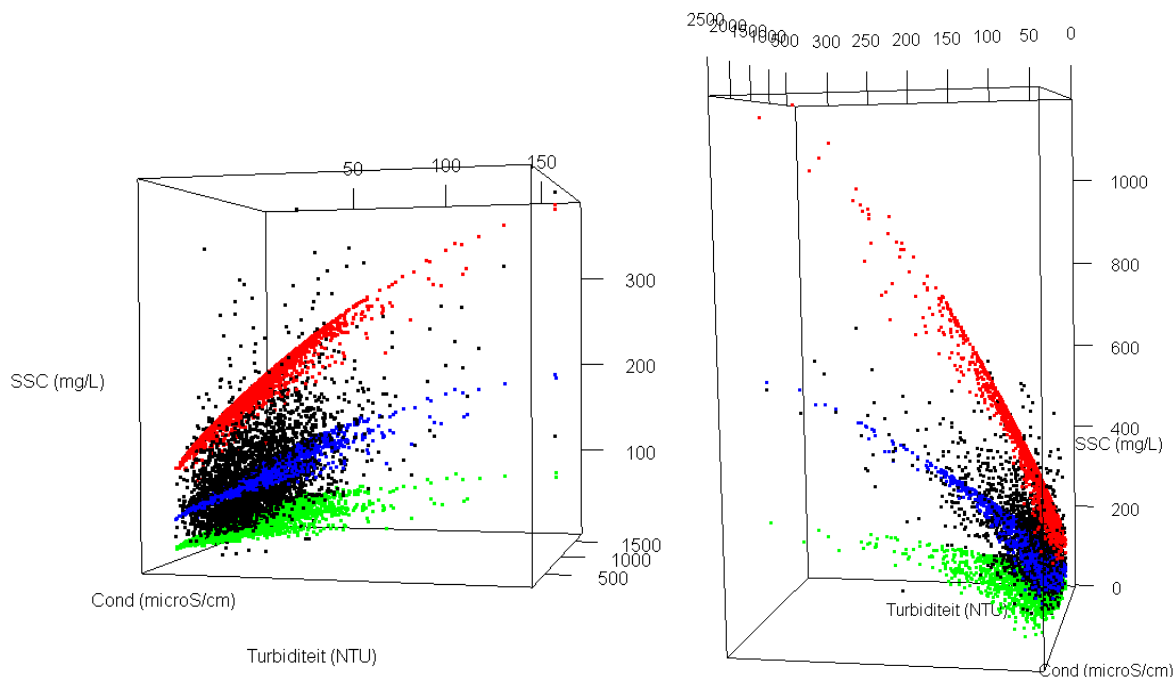
Er wordt getracht om een continue tijdreeks te schatten van de gesuspendeerde sedimentconcentratie op basis van de hierboven vermelde pompstalen. Hiertoe worden de SSC-waarden die worden bepaald op deze stalen (lineair) geïnterpoleerd. Voor periodes waarin geen stalen beschikbaar zijn (vb. defect staalnametoestel, foute analyse in labo, etc.) of deze als betrouwbaar konden beschouwd worden of waarin de tijd tussen twee opeenvolgende staalnames groter is dan zeven uren, worden de SSC-waarden geschat op basis van turbiditeitgegevens, debietgegevens of andere parameters (vb. conductiviteit), eventueel logaritmisch getransformeerd.

Deze relaties worden opgesteld voor een periode van meerdere (5) jaren tussen deze gegevens en de SSC-data. Hiertoe wordt een regressieanalyse uitgevoerd. Er wordt een verband opgesteld tussen turbiditeit en SSC. Indien nodig (statistische criteria) wordt een meervoudige regressieanalyse uitgevoerd met één bijkomende predictor (met de grootste voorspellingskracht) naast turbiditeit. Dit kan debiet (tijgemiddeld, daggemiddeld, 5-minutenlijks, etc.) of conductiviteit zijn.

Daarna wordt nagegaan of het noodzakelijk is om verschillende relaties op te stellen voor bepaalde deelperiodes (vb. zomer en winter). Hiertoe wordt het verschil berekend tussen de gemeten SSC-waarden en de SSC-waarden voorspeld door het model. Wanneer dit verschil duidelijk verschillend is voor bepaalde periodes (vb. steeds negatief in de zomer en positief in de winter), worden voor deze periodes aparte relaties opgesteld. Via een Chow-test wordt dan nagegaan of deze relaties significant verschillend zijn en of het dus zinvol is om de aparte relaties toe te passen.

Tevens wordt voor het voorspellingsmodel (of -modellen indien aparte relaties voor deelperiodes zijn opgesteld) de 95%-voorspellingsintervallen bepaald. Daarnaast wordt een derde model bepaald tussen SSC en enkel het debiet. Dit model (eventueel gesplitst in deelperiodes) wordt gebruikt om de SSC-waarden te schatten voor periodes waar geen pompstalen beschikbaar zijn en ook turbiditeitsgegevens ontbreken (zodat de eerste en eventueel tweede relatie niet kan toegepast worden). Figuur 131 illustreert het regressiemodel dat werd opgesteld voor Duffel Sluis voor de periode 2011-2015. Voor meer details omtrent regressieanalyse wordt verwezen naar Ferket et al. (2015).

Tabel 23 geeft een overzicht van de regressiemodellen die werden opgesteld m.b.v. de data van 2011 t.e.m. 2015 voor Duffel Sluis, Dendermonde, Melle en Eppegem. Hieruit blijkt dat de gemiddelde afwijking voor deze modellen relatief groot is en de correlatie eerder laag. Dit is een gevolg van de grote variabiliteit die in de dataset (continue YSI metingen en zevenuurlijkse SSC) vervat zit. Toch kan met deze relaties een zinvolle schatting van de SSC uitgevoerd worden, rekening houdend met de voorspellingsintervallen.



Figuur 131 - Regressiemodel tussen turbiditeit, conductiviteit en SSC te Duffel Sluis (Beneden-Nete), voor 'zomer' (Mei-September, rechts) en 'winter' (Januari-April en Oktober-December, links): ruwe data (zwart), regressiemodel (blauw) en het onderste (groen) en bovenste (rood) 95%-voorspellingsinterval

Tabel 23 - Enkelvoudige (enerzijds obv turbiditeit en anderzijds obv debiet) en meervoudige (obv turbiditeit en bijkomende predictor) regressiemodellen (o.b.v. data 2011-2015) aan de vier meetlocaties met ISCO staalnametoestel en YSI multiparametersonde

	Meetlocatie	Deelperiode	r²	RM SE	MSPE	N	BCF	Turb		Pred2		SSC		Regressiemodel SSC_Var
								Min	Max	Min	Max	Min	Max	
verschillende predictoren	Appels	Jan-Maren	0.67	172.6	122.6	1587	118	3.5	553.5	2	96	2	3852	SSC=10*0.44747*Turb*0.7275*Qday*0.36682*118458
		Okt-Dec	0.17	33.3	56.0	1842	118	0.1	114.2	0	51	4	464	SSC=10*11973*Turb*0.33124*Qday*0.1305*112512
	Duffelsluis	Jan-Apr en	0.22	36.5	40.0	3142	11	3.4	167.4	198	1751	7	383	SSC=10*0.72256*Turb*0.37435*Cond*0.22904*1072711
		Okt-Dec	0.43	66.8	410	2446	11	4.1	336.3	260	2479	11	680	SSC=10*0.45846*Turb*0.48212*Cond*0.32587*1093984
predictor = turbiditeit	Eppegem	nvt	0.35	221.29	114.5	3724	147	0.3	2034.4	1	97	3	5532	SSC=10*0.8982*Turb*0.36492*Qday*0.56092*14704
	Appels	nvt	0.43	154.90	160.0	3454	122	2.0	3852.0	nvt	nvt	2	3852	SSC=10*0.83853*Turb*0.71943*1216275
	Duffelsluis	nvt	0.20	67.35	54.7	5689	118	3.4	336.3	nvt	nvt	7	680	SSC=10*136868*Turb*0.43010*1184525
	Eppegem	nvt	0.28	262.02	168.8	3825	158	0.3	2034.4	nvt	nvt	1	6978	SSC=10*117689*Turb*0.50532*15813
predictor = debiet	Melle	nvt	0.38	166.73	56.0	5449	111	6.6	729.7	nvt	nvt	42	3462	SSC=10*13784*Turb*0.61008*111164
	Appels	Jan-Maren	0.38	210.31	178.2	2223	136	3.0	200.0	nvt	nvt	2	3852	SSC=10*0.05022*Qday*Max*11177*13599
		Okt-Dec	0.04	40.23	69.2	2358	116	9.8	158.0	nvt	nvt	1	918	SSC=10*12887*Qday*Max*0.26746*11632
	Duffelsluis	Jan-Apr en	0.04	44.45	48.5	3256	110	23.8	168.7	nvt	nvt	7	665	SSC=10*0.63279*Qday*Max*14571*118947
		Sep-Dec	0.13	86.86	53.2	2526	111	44.2	17.9	nvt	nvt	11	680	SSC=10*0.99612*Qday*Max*0.48115*1096684
	Eppegem	nvt	0.27	294.68	181.0	5711	166	17	710	nvt	nvt	1	6978	SSC=0.95848*Qday*Max*107739*1661385
	Melle	nvt	0.15	269.67	84.1	5891	nvt	43.9	3210	nvt	nvt	18	6072	SSC=2.897*Qday*223.335

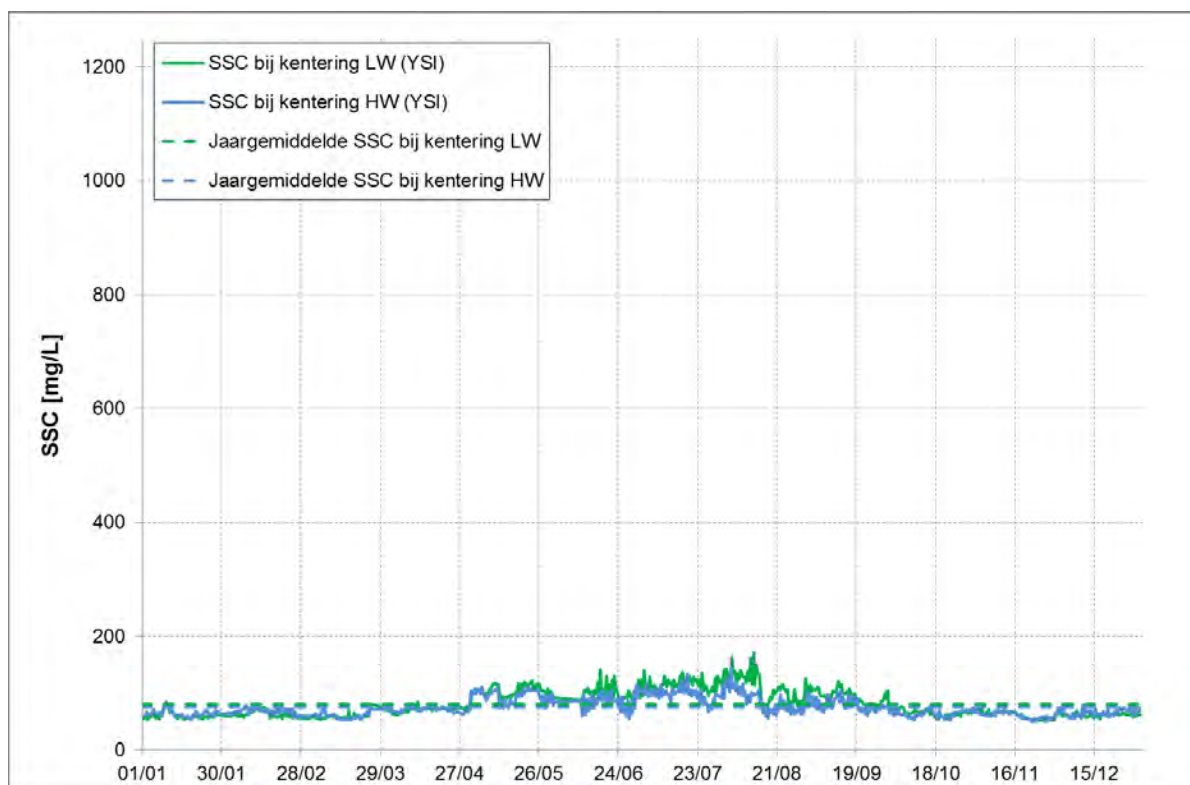
De continue SSC reeksen voor 2015 o.b.v. deze regressiemodellen worden weergegeven in Figuur 132 tot Figuur 139. Voor de YSI meetposten in het tijgebied, Melle en Duffelsluis, werden op basis van de debietmetingen de minima bij kentering hoog en laag water afgeleid alsook de gemiddelden en maxima bij eb en vloed. Voor de YSI meetposten buiten het tijgebied, Eppegem en Dendermonde, worden de continue SSC tijdreeksen weergegeven. De onderbrekingen in de grafieken betreffen periodes dat meettoestellen voor ijkingen, nazicht en onderhoud van hun meetplaats werden weggenomen, het meettoestel zonder stroomvoorziening viel of defect was. Te Eppegem werden tevens tijdens de validatie van de data een aantal periodes verwijderd aangezien de meetgegevens uitschieters vertoonden en/of waar de turbiditeitsmetingen duidelijk vertekend werden door vuilophoping en/of aangroei rond de sensor. Ook in

Dendermonde waren de turbiditeitsmetingen in juli en augustus, midden oktober en december niet betrouwbaar waardoor er voor deze periodes geen SSC kon afgeleid worden.

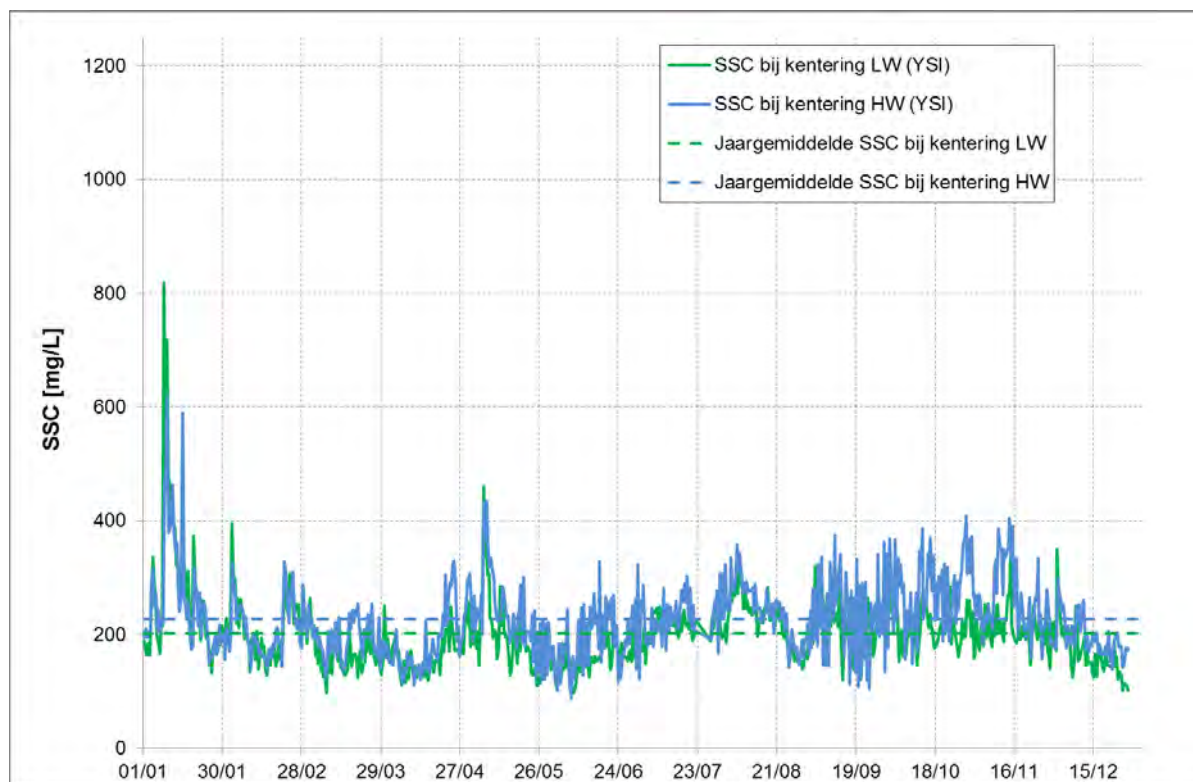
Analoge observaties als bij de bespreking van de SSC-waarden bepaald op de automatische stalen kunnen worden gemaakt (zie boven).

Aan de meer opwaartse meetlocaties te Dendermonde en Eppegem is de SSC duidelijk gerelateerd aan het bovendebiet in de waterloop. De grootste turbiditeitspieken doen zich voor tijdens januari en februari te Dendermonde, alsook begin november-december. Dit komt overeen met periodes van verhoogde afvoer. Hetzelfde geldt voor Eppegem: eerste helft januari, eind februari, eind maart-begin april, begin juni, tweede helft augustus, midden september, midden november en eind november-begin december.

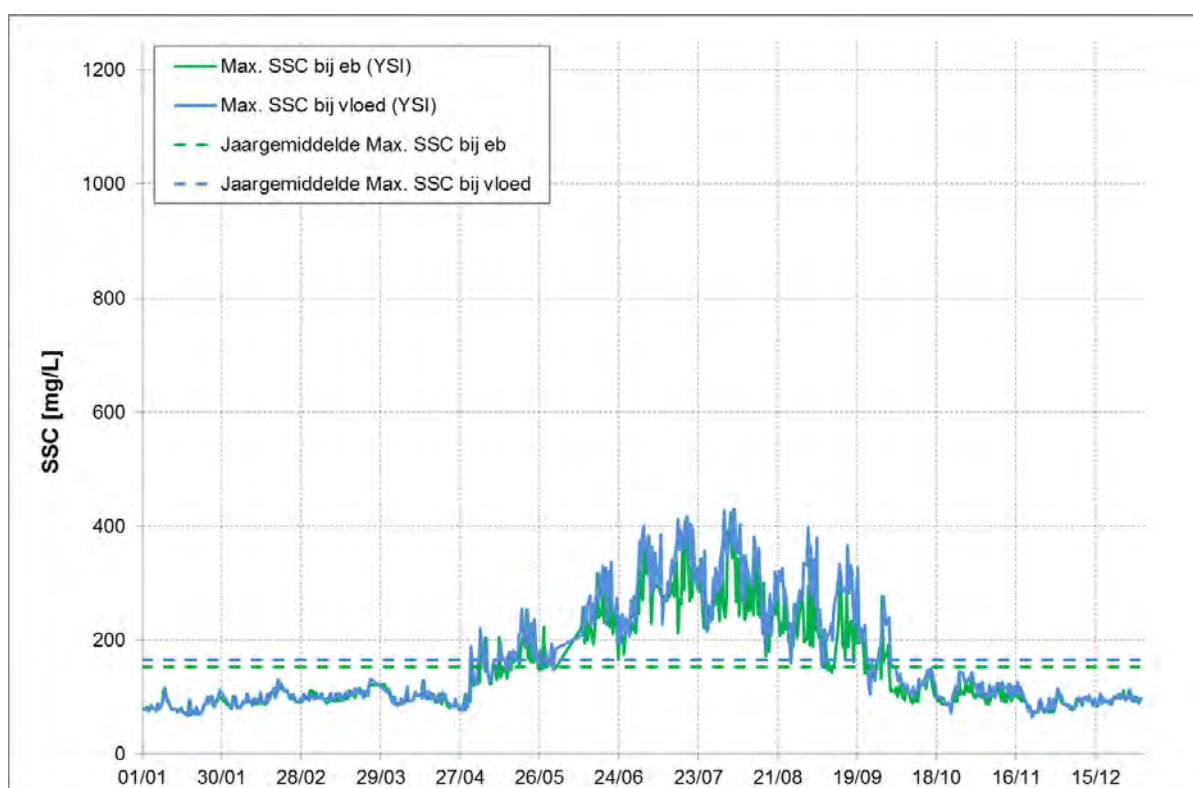
Uit Tabel 22 en Figuur 123 en Figuur 124 (boxplots) blijkt dat zowel te Melle als Duffel Sluis de SSC bij kentering hoog en laag water gelijkaardig was. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde en maximale SSC bij eb en vloed. Te Duffel Sluis werden de laagste gemiddelde SSC gehalten bepaald in vergelijking met de overige tijmeetlocaties. De waarden liggen in dezelfde grootteorde als die van de niet tijposten (Dendermonde en Eppegem). In Melle was de SSC bij kentering de hoogste van alle meetposten. Wat de gemiddelde en maximale SSC bij eb en vloed betreft was Melle van dezelfde grootte-orde als de Aanderaa meetlocaties.



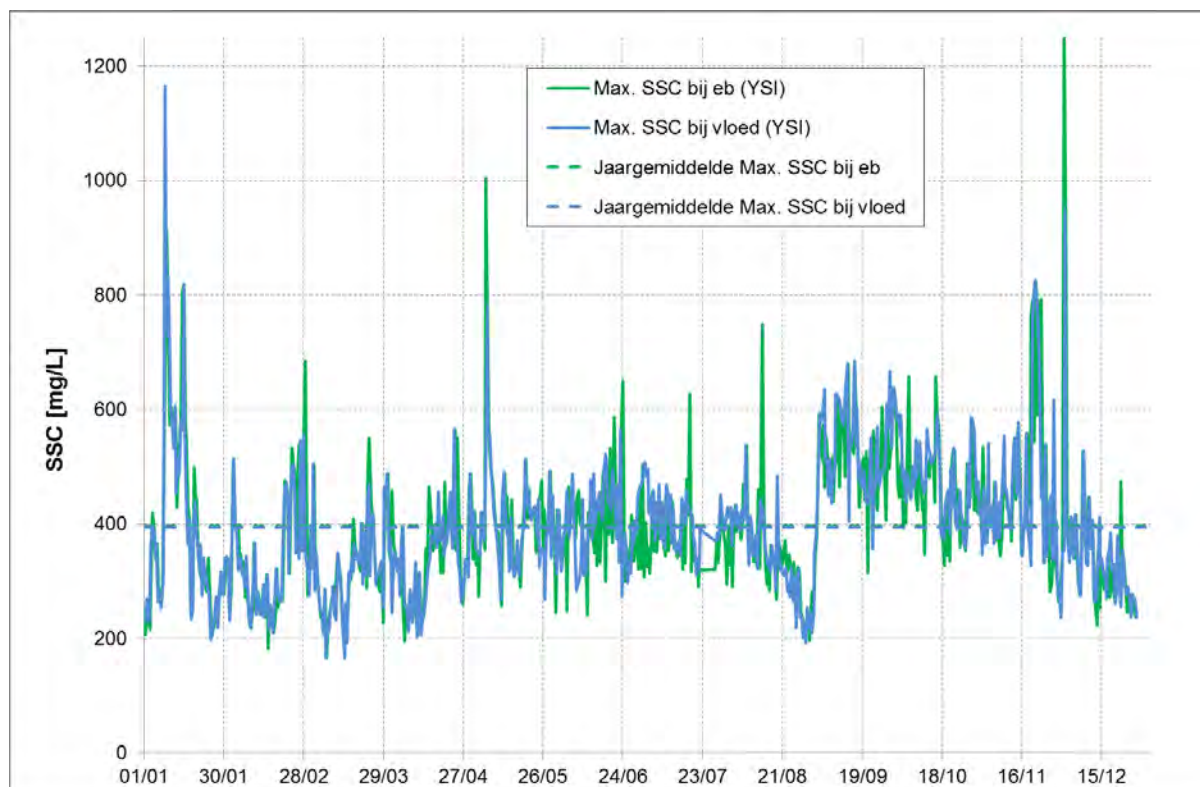
Figuur 132 - SSC bij KLW en KHW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)



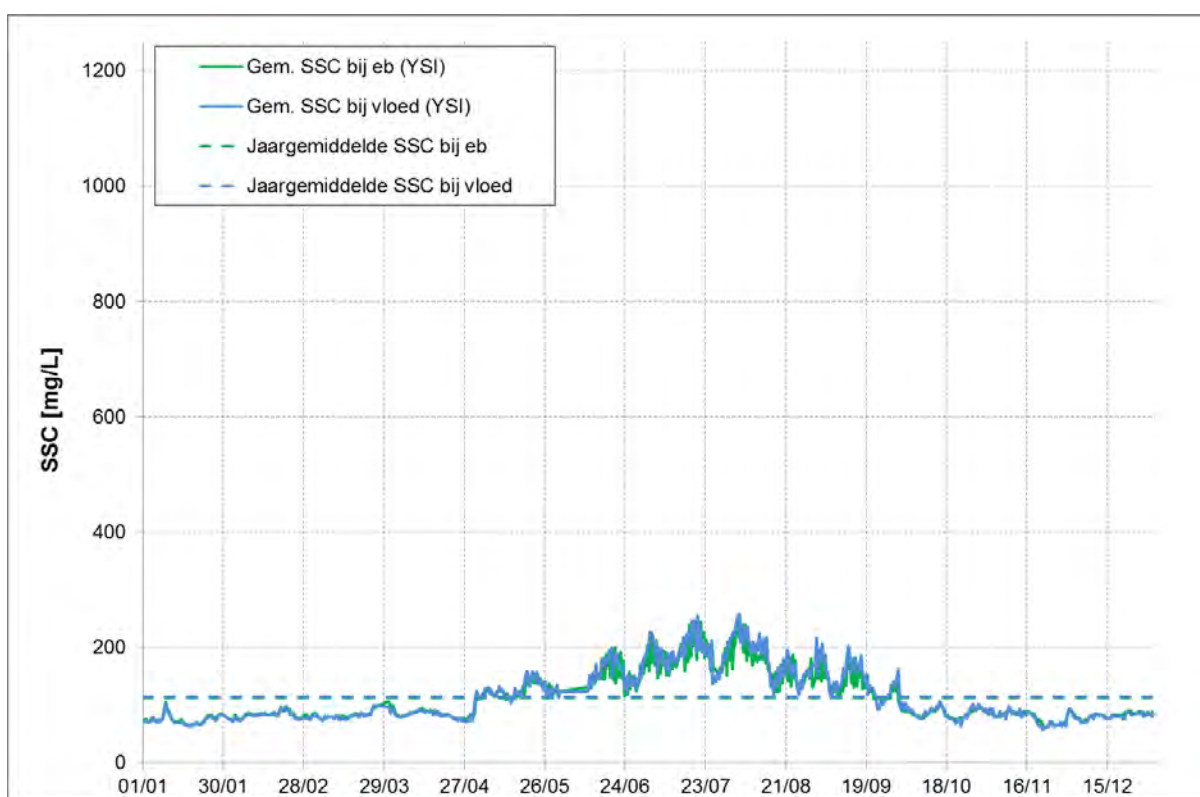
Figuur 133 - SSC bij K LW en K HW te Melle (Boven-Zeescheldebekken) (2015)



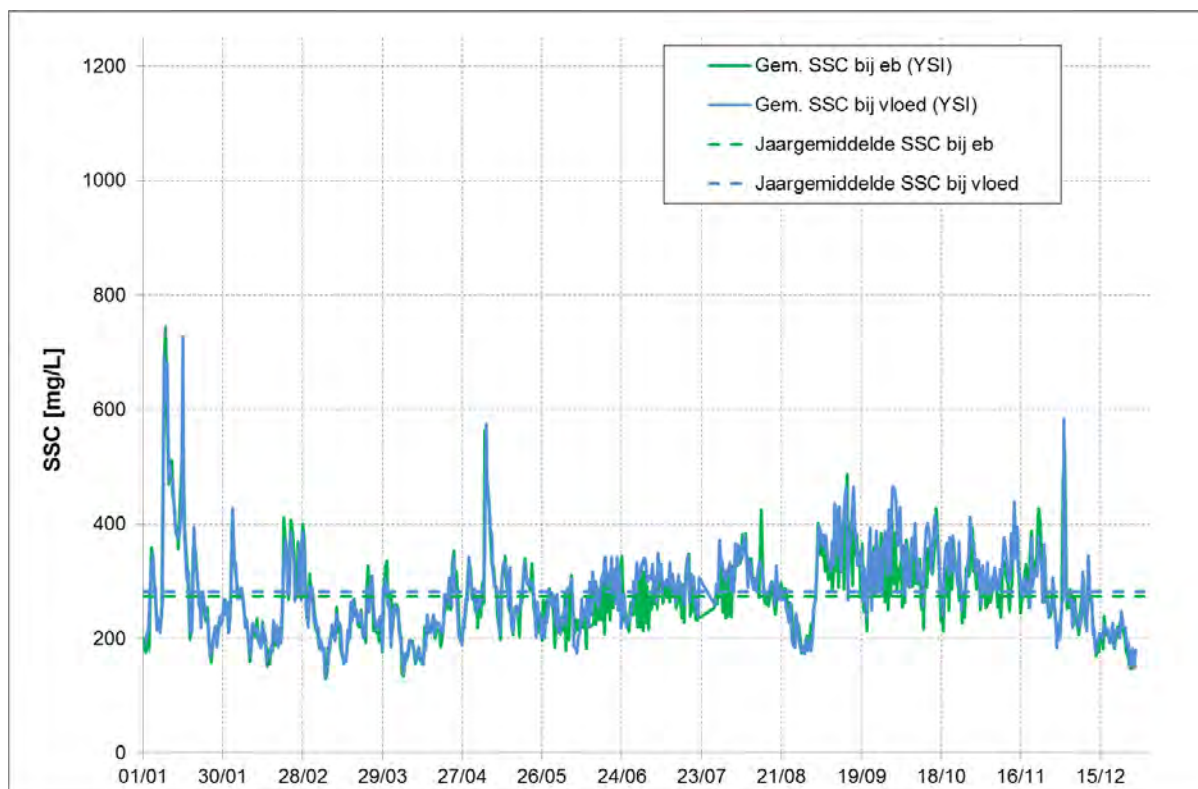
Figuur 134 - Maximale SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)



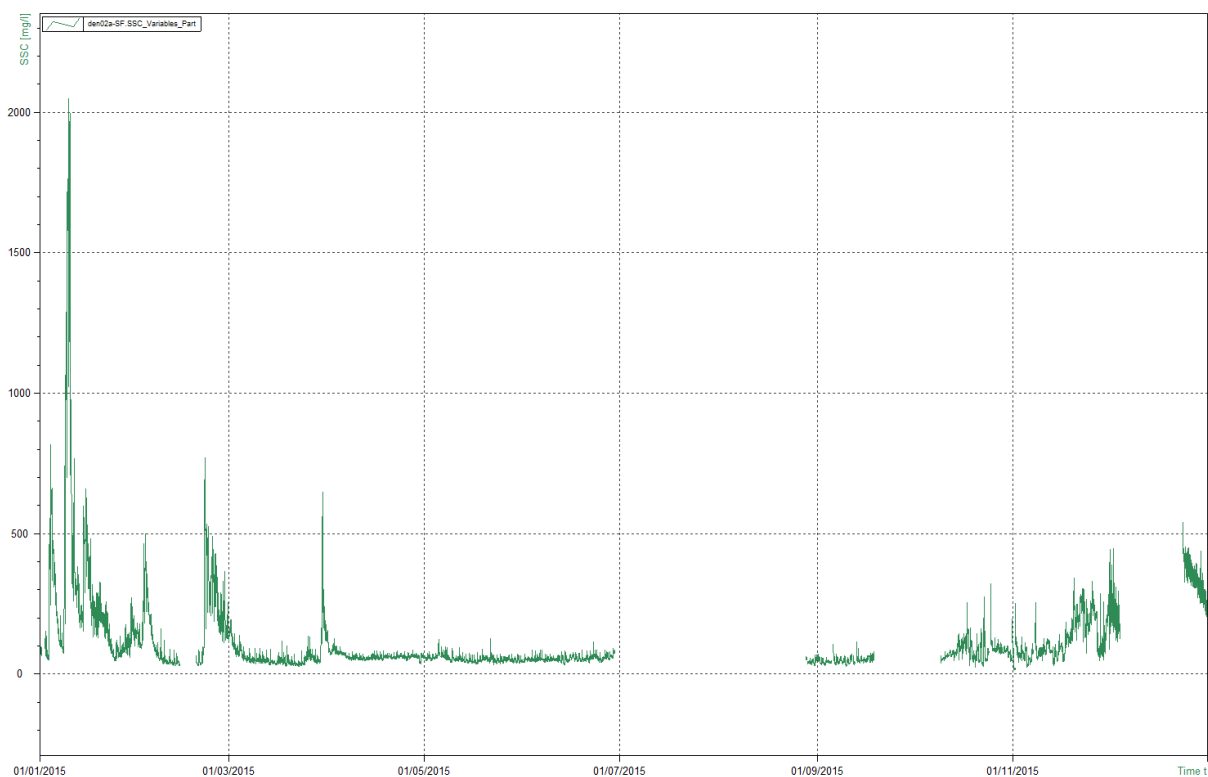
Figuur 135 - Maximale SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeescheldebekken) (2015)



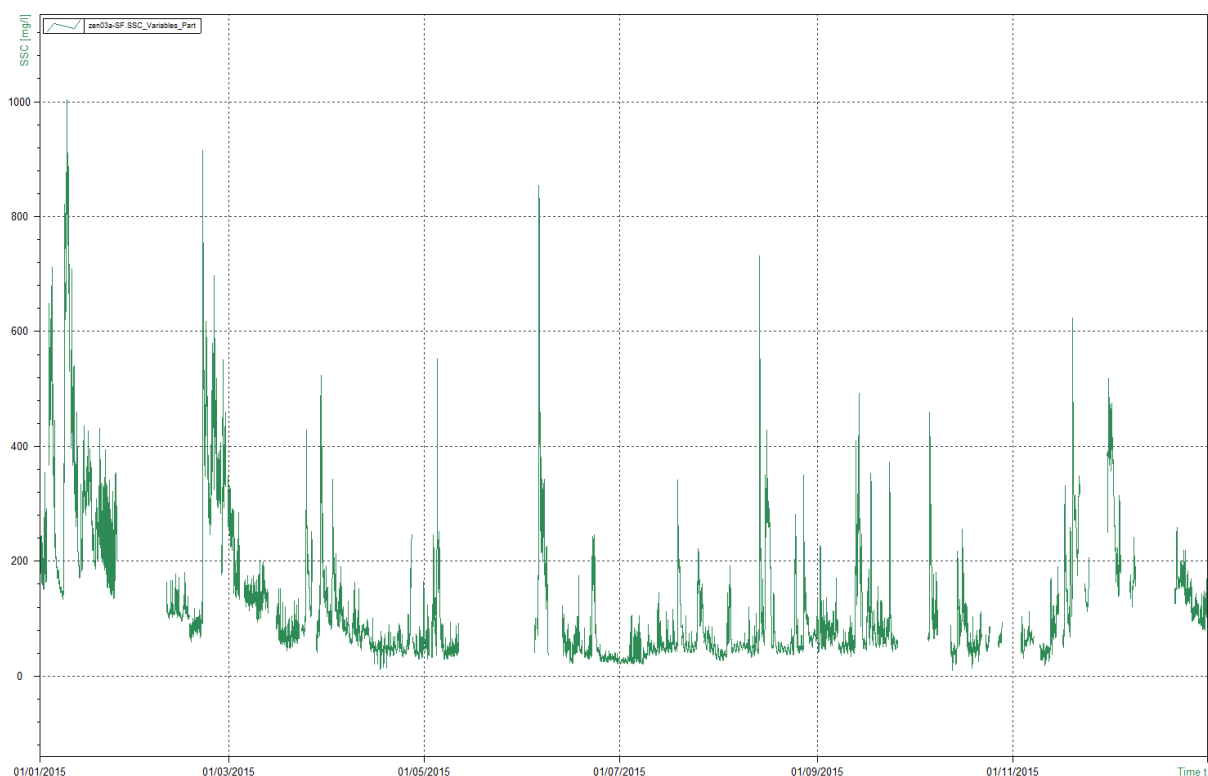
Figuur 136 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2015)



Figuur 137 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeeschelde) (2015)



Figuur 138 - SSC (geschat o.b.v. regressiemodellen) te Dendermonde (Dender)



Figuur 139 - SSC (geschat o.b.v. regressiemodellen) te Eppegem (Zenne)

4.1.6. Verloop overige parameters

In de Boven-Zeeschelde te Melle, de Dender te Dendermonde, de Zenne te Eppegem en de Beneden-Nete te Duffel Sluis is een YSI multiparametersonde opgesteld. Naast de hierboven gerapporteerde parameters (Temperatuur, Conductiviteit en Turbiditeit) worden op deze locaties ook de pH, zuurstofgraad en zuurstofgehalte gemeten.

Tabel 24 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter zuurstofconcentratie (DO), 2015.

	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Melle	97,82	2,07	0	0	0,09
Duffel Sluis	95,83	0,01	1,29	0	2,86
Eppegem	89,50	6,74	1,08	0	2,66
Dendermonde	86,94	3,98	7,20	0	1,86

Tabel 25 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter zuurstofverzadiging (DO%), 2015.

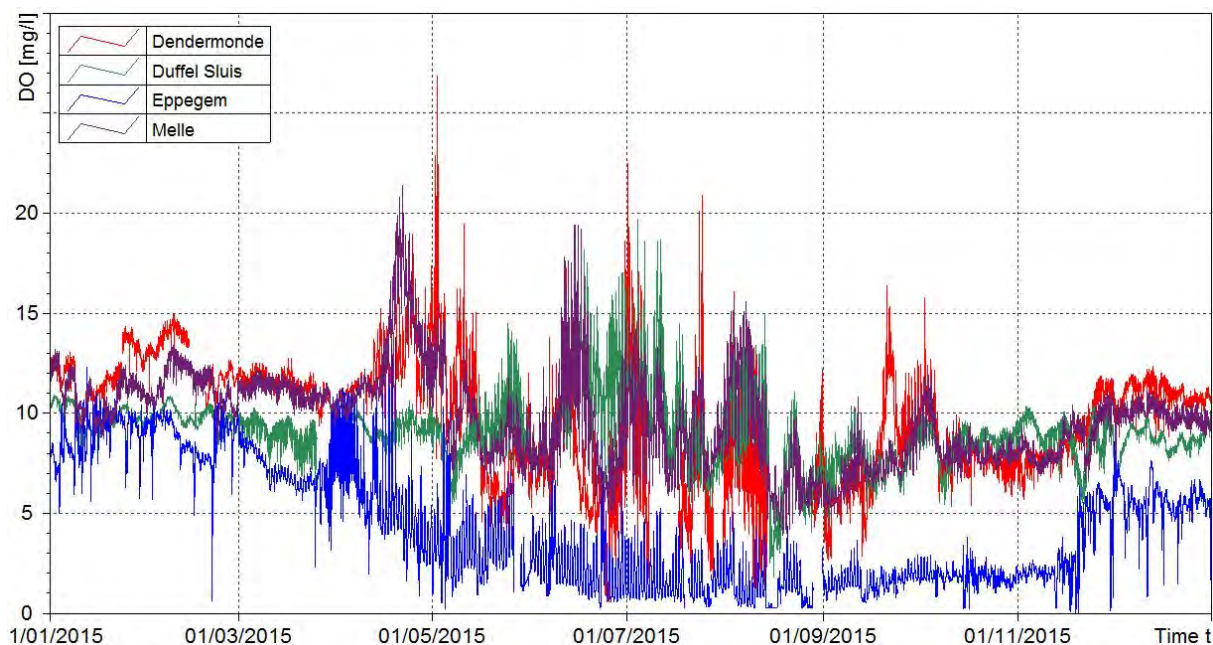
	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Melle	99,86	0,03	0	0	0,09
Duffel Sluis	82,40	13,44	1,28	0	2,86
Eppegem	82,10	14,43	1,08	0	2,36
Dendermonde	89,01	1,92	7,19	0	1,87

Tabel 26 - Verdeling van de kwaliteitsvlaggen van de parameter zuurtegraad (pH), 2015.

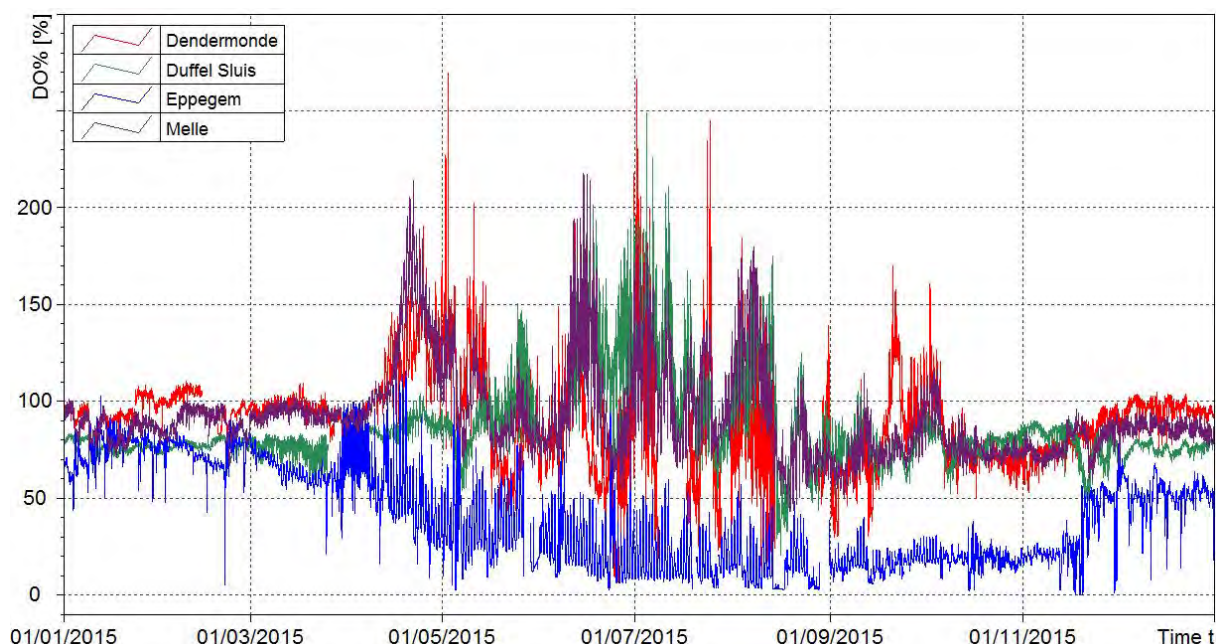
	Good	Estimated	Suspect	Unchecked	Missing
Melle	99,87	0	0,02	0	0,09
Duffel Sluis	97,13	0	0	0	2,86
Eppegem	98,37	0,04	0,85	0	0,71
Dendermonde	81,30	0	15,99	0	2,69

Figuur 140 geeft het verloop van de gemeten zuurstofgehalten. De grafieken voor Duffel Sluis, Dendermonde en Melle zijn gelijkaardig. De zuurstofgehalten variëren er voornamelijk tussen 5 en 15 mg/L, met minima tot 2mg/L en maxima tot 20 mg/L. De eerste maanden van 2015 blijft ter hoogte van alle posten de zuurstofconcentratie min of meer stabiel, met een lichte verhoging in Dendermonde. Gedurende de maand april stijgt de zuurstofconcentratie zeer sterk, behalve te Eppegem. Te Eppegem wordt deze stijging al vroeger ingezet, maar niet zo ver doorgedreven. Vanaf mei daalt de concentratie dan terug, maar blijft de variabiliteit hoog te Dendermonde, Melle en Duffel Sluis. Te Eppegem daalt de zuurstofconcentratie geleidelijk en daalt ook de variabiliteit, om een minimum te bereiken rond september. Vanaf september stijgt voor alle posten de zuurstofconcentratie, maar blijft de variabiliteit beperkt.

Figuur 141 toont het verloop van de zuurstofverzadiging. Dit heeft, uiteraard, een gelijkaardig patroon als het zuurstofgehalte. Voor Melle, Duffel Sluis en Dendermonde bedraagt de zuurstofverzadiging tijdens de wintermaanden tussen 70 en 100 %. Tijdens de zomermaanden neemt de variatie in zuurstofverzadiging toe, met waarden tussen 20 en 180 %, en lokale pieken tot 200 %. De algemene bespreking op basis van de zuurstofconcentratie, geldt ook voor de zuurstofverzadiging, omdat deze parameters afhankelijk zijn van elkaar en ook visueel hetzelfde beeld geven.

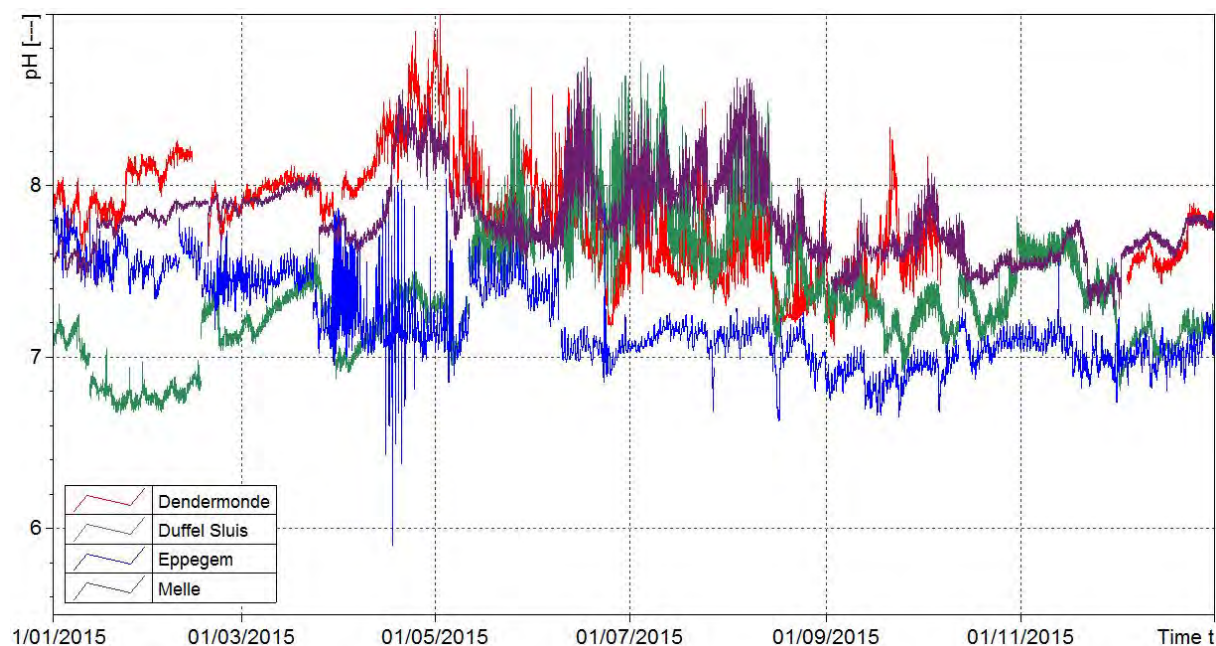


Figuur 140 - Zuurstofgehalte [mg/L] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)



Figuur 141 - Zuurstofverzadiging [%] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)

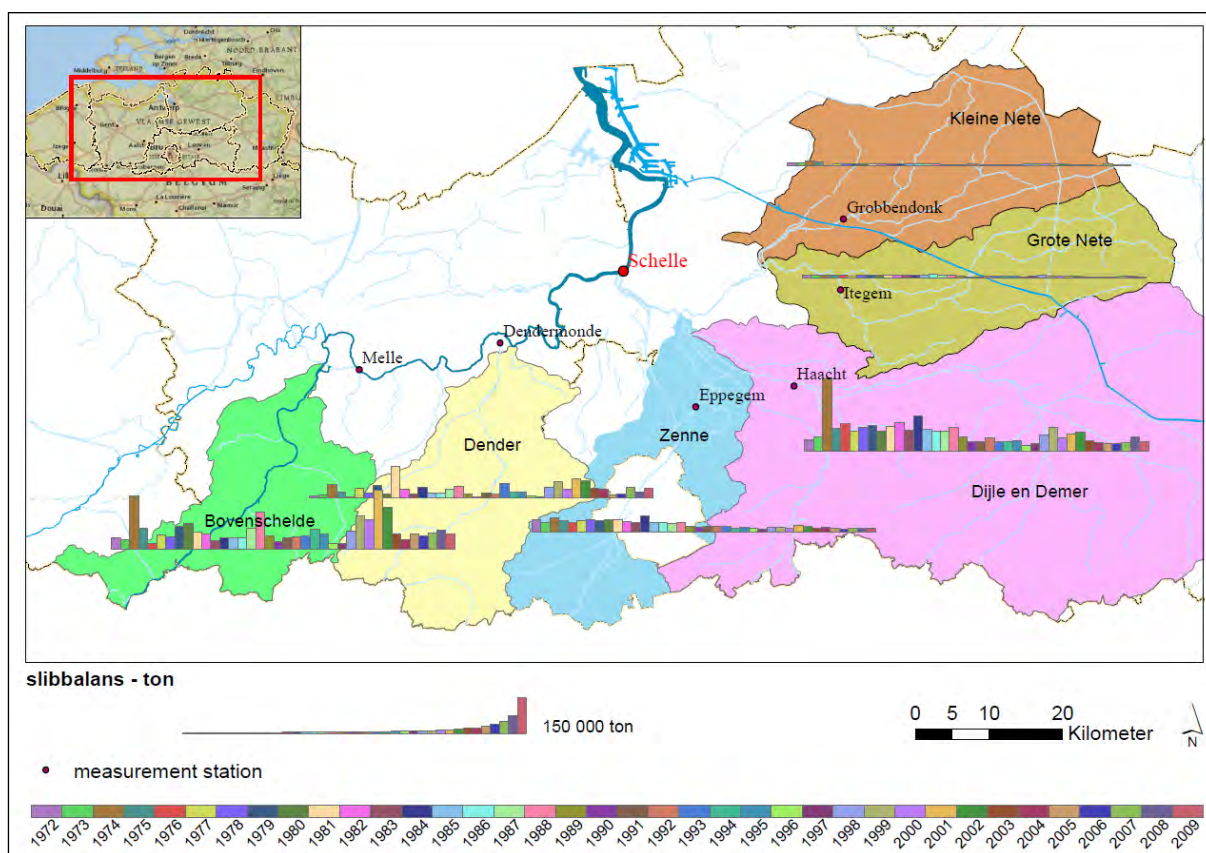
Als laatste physicochemische parameter kan de zuurtegraad beschreven worden (Figuur 142). Deze is relatief stabiel en schommelt het hele jaar door tussen 7 pH en 8 pH. Tijdens de maanden april en juni kunnen er pieken tot 9 pH onderscheiden worden. Dit analoog aan de pieken in zuurstofverzadiging in deze periodes. Schommeling in absolute pH-waarden zijn moeilijk te interpreteren, daar het mogelijk is dat deze ook te wijten zijn aan een grote kalibratiemarge van de sondes. Zo is de periode februari-maart te Duffel Sluis gekenmerkt door veel lagere pH-waarden met een abrupt begin en einde. Dit kan verklaard worden door een verschillende kalibratie van het toestel die in deze periode werd tewerkgesteld. Deze pH-sonde gaf voor eenzelfde pH een lagere waarde aan dan de sondes ervoor en erna. Verder valt op dat ook te Eppegem, over het algemeen, lagere waarden gemeten werden, analoog aan de zuurstofconcentratie en zuurstofverzadiging.



Figuur 142 - Zuurtegraad [pH] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)

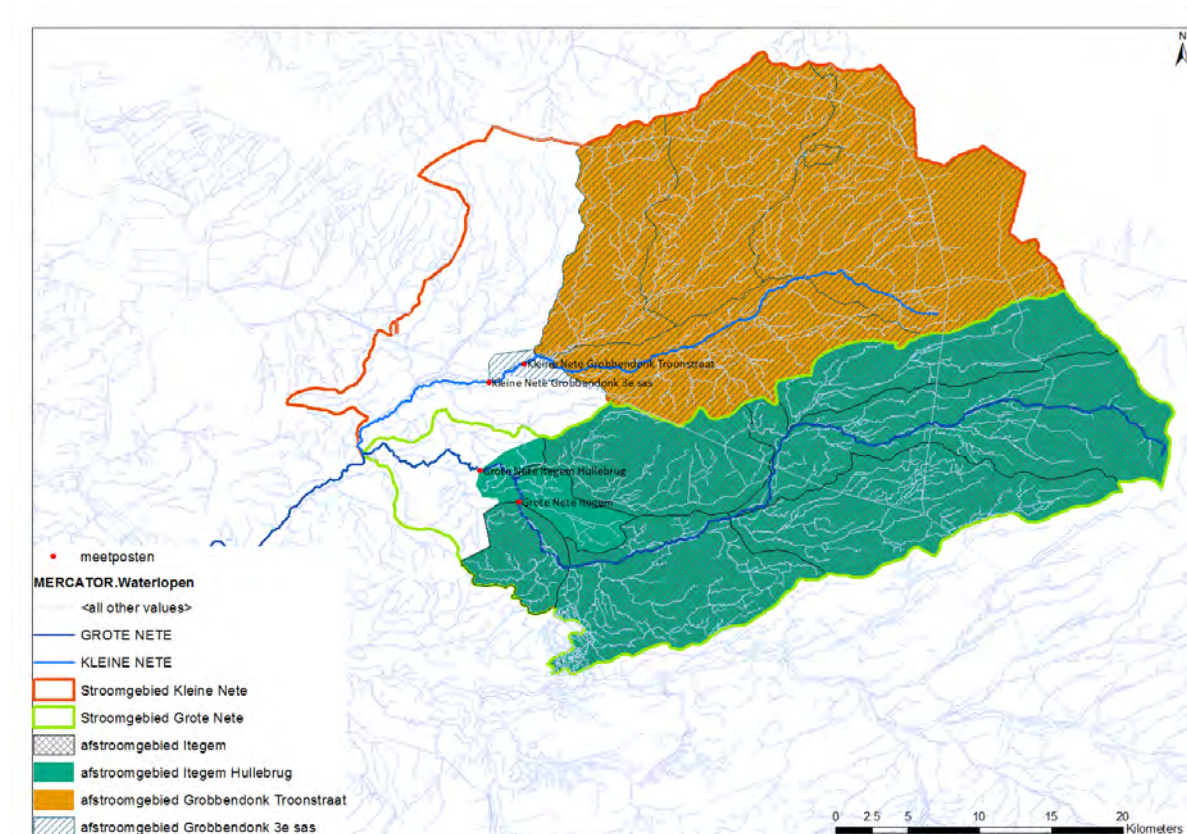
4.1.7. Slibbalans

Ongeveer wekelijks wordt ter hoogte van verschillende meetposten op de Zeeschelde en de zijrivieren een schepstaal genomen met behulp van een verzwaarde fles. Nadien wordt op dit schepstaal de SSC bepaald. Samen met de debietmetingen kunnen deze gegevens gebruikt worden om een inschatting te maken van de sedimentvrachten naar de Zeeschelde. Dit gebeurt op basis van de debiet- en schepstaal-SSC gegevens van de meetposten (Figuur 143) te Grobbendonk (Kleine Nete), Itegem (Grote Nete), Haacht (Dijle en Demer), Eppegem (Zenne), Dendermonde-Appels (Dender) en Melle (Debiet) en Merelbeke (SSC) (Boven-Zeeschelde). De daggemiddelde sedimentflux wordt bekomen door vermenigvuldiging van daggemiddelde debieten met de SSC-waarden verkregen uit het schepstaal die dag bemonsterd. Voor de dagen dat geen SSC-gegevens beschikbaar zijn, worden deze SSC-waarden geschat via een regressiemodel opgesteld tussen dagelijkse schepstaal-sedimentconcentraties en overeenkomstige daggemiddelde debieten voor 2015. De berekende sedimentfluxen [massa/tijd] worden tenslotte geïntegreerd in de tijd tot de sedimentvracht (in ton). Deze berekeningsmethode wordt de 'interpolatiemethode' genoemd. Voor meer gedetailleerde informatie m.b.t. deze berekeningsmethoden wordt verwezen naar De Boeck et al. (2014a) en Van Hoestenbergh et al. (2014).



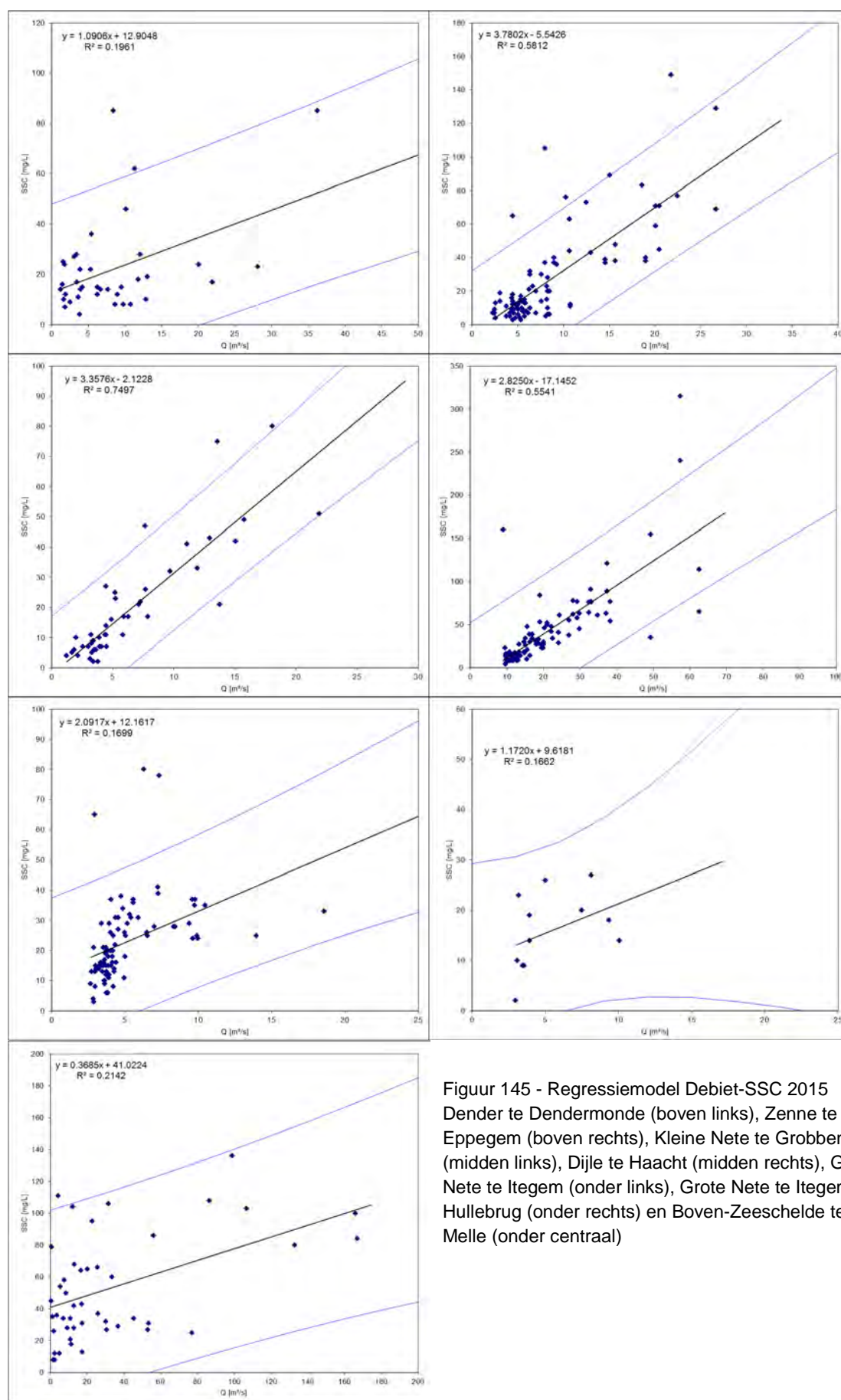
Figuur 143 - Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de verschillende stroomgebieden (+ jaarlijkse sedimentvracht berekend d.m.v. de interpolatiemethode voor de periodes 1972-2009 – Bron: Van Hoestenbergh et al. (2014))

Sinds eind 2015 worden er aan de meetposten Grobbendonk 3^e Sas (Kleine Nete) en Itegem (Grote Nete) geen schepstalen meer genomen. Daarom werden deze in de slibbalansberekeningen vervangen door de nabijgelegen actieve YSI en debiet meetposten van resp. Grobbendonk Troonstraat en Itegem Hullebrug. Voor Grobbendonk werd deze vervanging uitgevoerd voor het volledige jaar 2015. Voor Itegem is dit vanaf oktober 2015 aangezien er pas sinds dan schepstalen worden genomen. De locatie van deze meetposten wordt weergegeven in Figuur 144.



Figuur 144 - Stroomgebieden van de Kleine en Grote Nete met aanduiding van de meetposten te Grobbendonk en Itegem en hun respectievelijke afstroomgebieden

Figuur 145 illustreert de regressiemodellen opgesteld tussen dagelijkse schepstaal-sedimentconcentraties en overeenkomstige daggemiddelde debieten voor 2015, evenals de bijhorende onderste en bovenste 95% voorspellingsintervallen (LCI resp. UCI). Dit voorspellingsinterval is afgeleid op basis van het regressiemodel. De interpolatiemethode gebruikt echter de gemeten SSC-waarden (i.p.v. de via het model geschatte SSC) wanneer deze beschikbaar zijn. Hierdoor komt het voor dat de berekende fluxen op basis van deze gemeten SSC-waarden soms buiten het voorspellingsinterval liggen. Tabel 27 geeft een overzicht van de regressiemodellen die opgesteld werden voor de zes meetposten onder beschouwing, met bijhorende R^2 -waarde. Uit de R^2 -waarde voor Dendermonde, Itegem en Melle blijkt dat de regressiemodellen voor deze locaties van matige kwaliteit zijn ($R^2 < 0.25$).



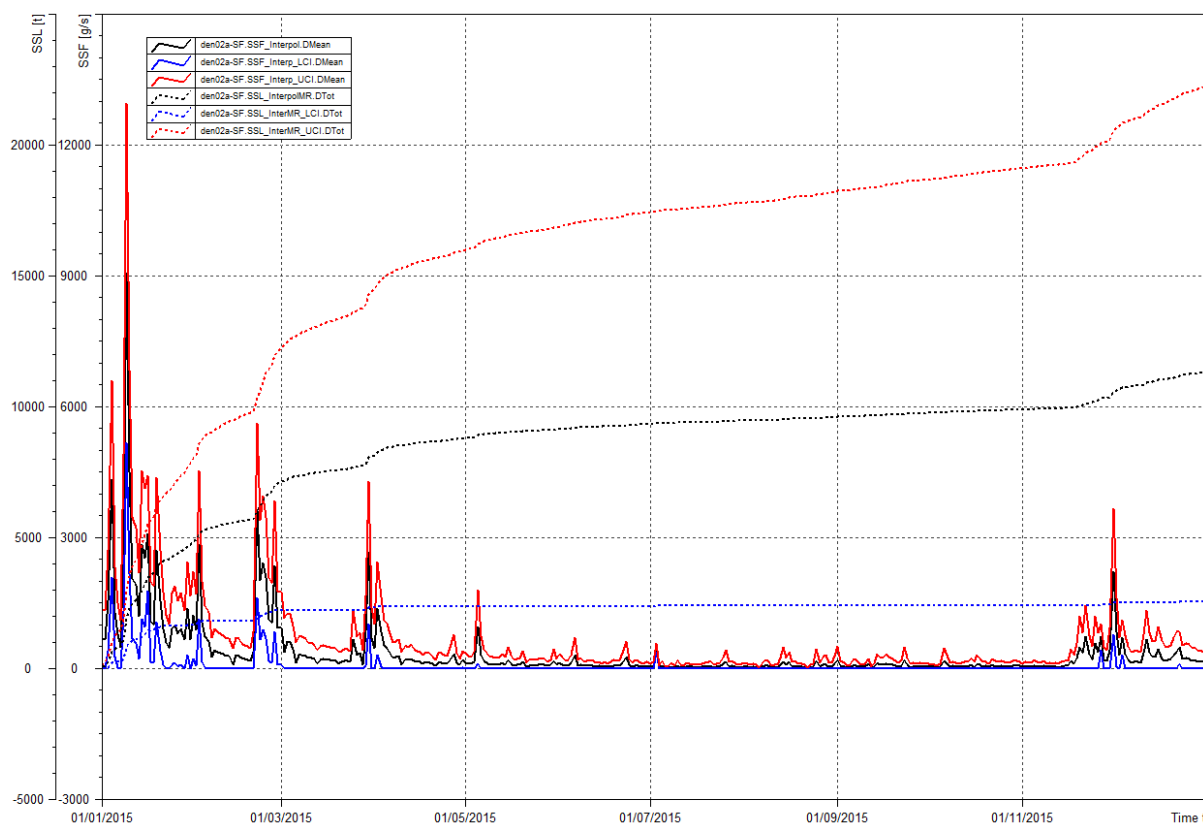
Figuur 145 - Regressiemodel Debiet-SSC 2015
Dender te Dendermonde (boven links), Zenne te Eppegem (boven rechts), Kleine Nete te Grobbendonk (midden links), Dijle te Haacht (midden rechts), Grote Nete te Itegem (onder links), Grote Nete te Itegem Hullebrug (onder rechts) en Boven-Zeeschelde te Melle (onder centraal)

Tabel 27 - Regressiemodel en R²-waarde voor de meetposten gebruikt voor de slibbalansberekening 2015 (Qdm = daggemiddeld debiet), met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-voorspellingsinterval

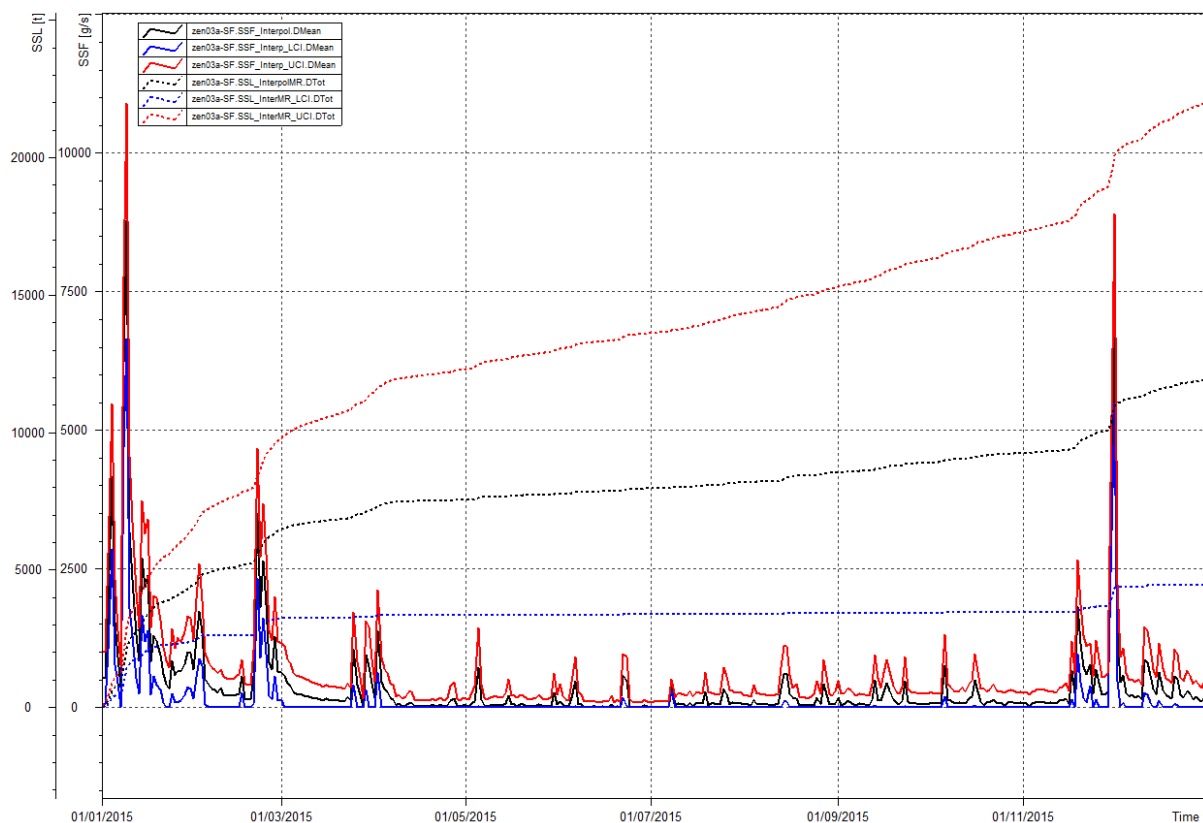
Meetlocatie	Regressiemodel	R ²	LCI	UCI
Grobbendonk (Kleine Nete)	$SSC_{model} = 3,36 \cdot Q_{dm} - 2,12$	0,75	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 9,27 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-6,45)^2/1.026,75)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 9,27 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-6,45)^2/1.026,75)}$
Itegem (Grote Nete) tot 30/09/2015	$SSC_{model} = 2,09 \cdot Q_{dm} + 12,16$	0,17	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 1,99 \cdot 12,39 \cdot \sqrt{(1+1/87+(Q_{dm}-5,14)^2/610,94)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 1,99 \cdot 12,39 \cdot \sqrt{(1+1/87+(Q_{dm}-5,14)^2/610,94)}$
Itegem Hullebrug (Grote Nete) vanaf 01/10/2015	$SSC_{model} = 1,17 \cdot Q_{dm} + 9,62$	0,17	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,23 \cdot 7,29 \cdot \sqrt{(1+1/12+(Q_{dm}-5,37)^2/77,06)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,23 \cdot 7,29 \cdot \sqrt{(1+1/12+(Q_{dm}-5,37)^2/77,06)}$
Eppegem (Zenne)	$SSC_{model} = 3,78 \cdot Q_{dm} - 5,54$	0,58	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 1,99 \cdot 18,70 \cdot \sqrt{(1+1/91+(Q_{dm}-8,73)^2/3.022,11)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 1,99 \cdot 18,70 \cdot \sqrt{(1+1/91+(Q_{dm}-8,73)^2/3.022,11)}$
Haacht (Dijle)	$SSC_{model} = 2,83 \cdot Q_{dm} - 17,15$	0,55	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 1,99 \cdot 34,17 \cdot \sqrt{(1+1/81+(Q_{dm}-21,39)^2/13.606,80)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 1,99 \cdot 34,17 \cdot \sqrt{(1+1/81+(Q_{dm}-21,39)^2/13.606,80)}$
Dendermonde (Dender)	$SSC_{model} = 1,09 \cdot Q_{dm} + 12,90$	0,20	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,03 \cdot 17,01 \cdot \sqrt{(1+1/38+(Q_{dm}-10,32)^2/7.921,80)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,03 \cdot 17,01 \cdot \sqrt{(1+1/38+(Q_{dm}-10,32)^2/7.921,80)}$
Melle (Boven-Zeeschelde)	$SSC_{model} = 0,37 \cdot Q_{dm} + 41,02$	0,21	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 29,76 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-32,33)^2/80.014,28)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 29,76 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-32,33)^2/80.014,28)}$

Figuur 146 t.e.m. Figuur 151 tonen de berekende sedimentfluxen (SSF) en gecumuleerde sedimentvrachten (SSL) voor de zes meetposten. De totale sedimentvrachten voor 2015 worden samengevat in Tabel 28.

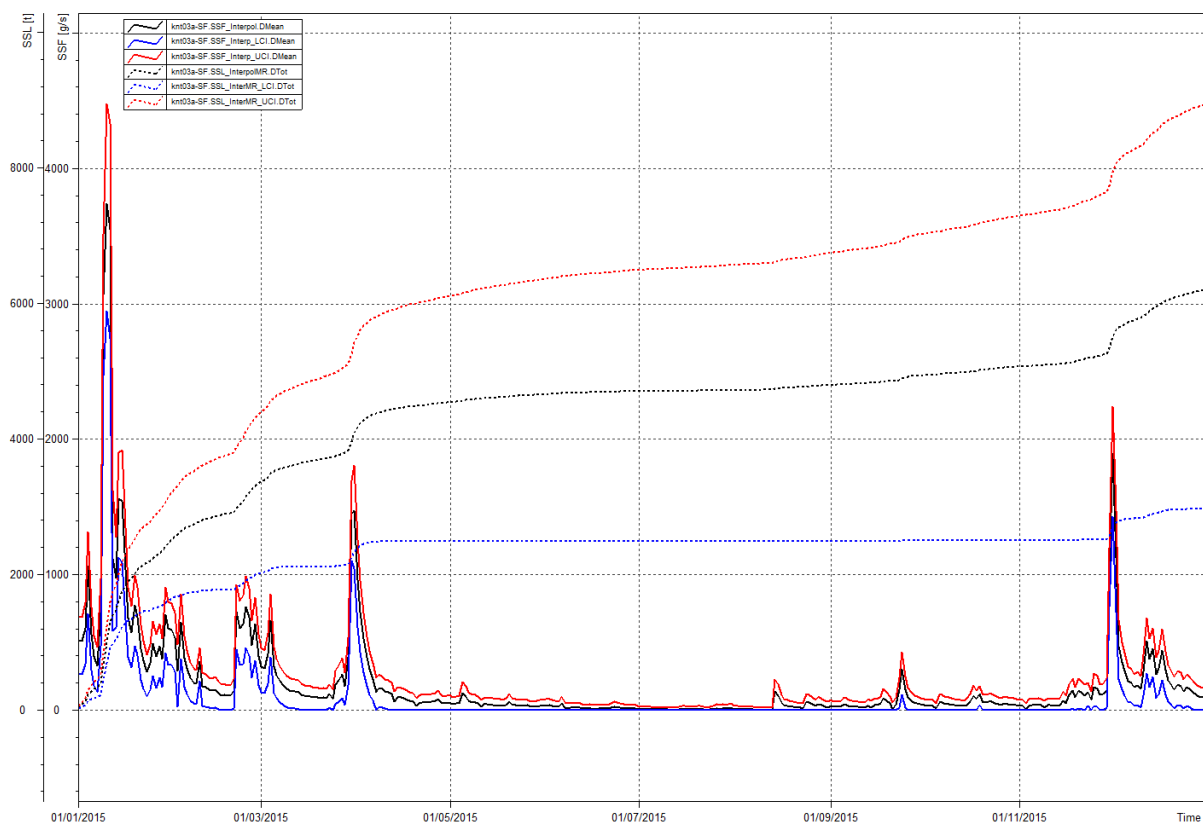
Voor alle meetposten worden de grootste sedimentfluxen berekend tijdens januari-begin februari, eind februari-begin maart, eind maart-begin april en eind november-december. De sedimentvracht is duidelijk hoogst te Melle. Ook te Haacht, Eppegem en Dendermonde worden aanzienlijke SSL berekend. De SSL te Grobbendonk en Ittegem zijn het kleinst.



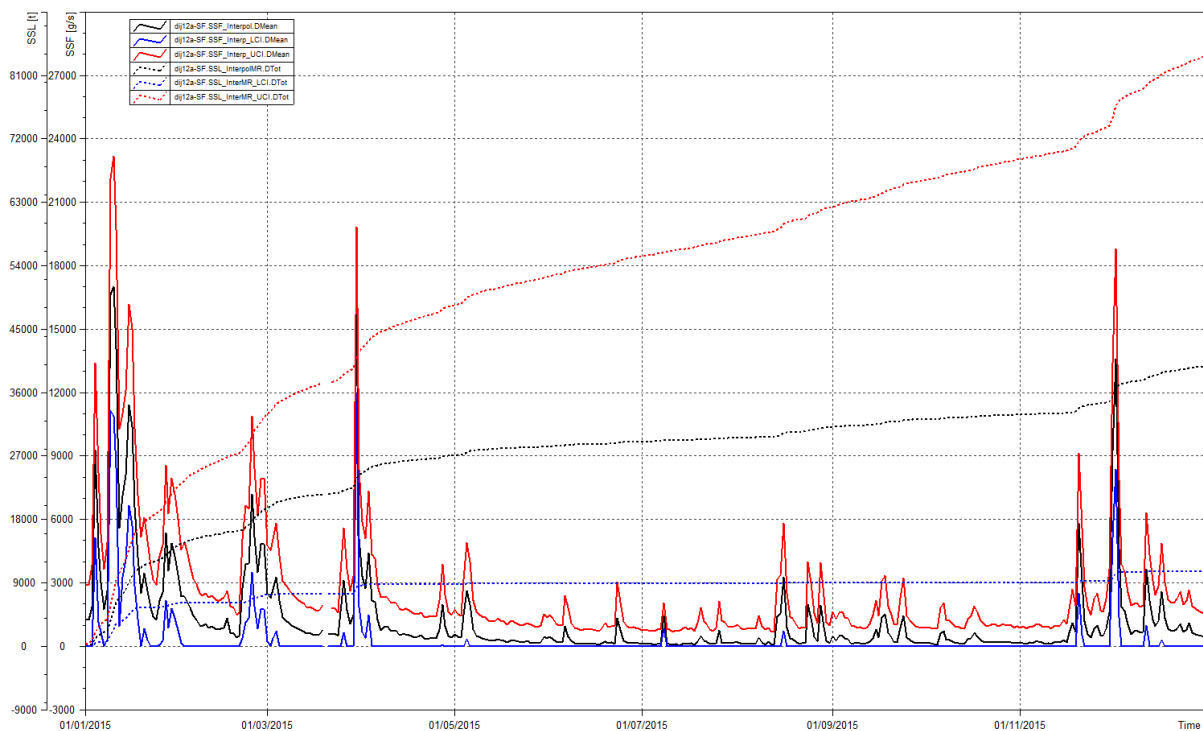
Figuur 146 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dender te Dendermonde-Appels



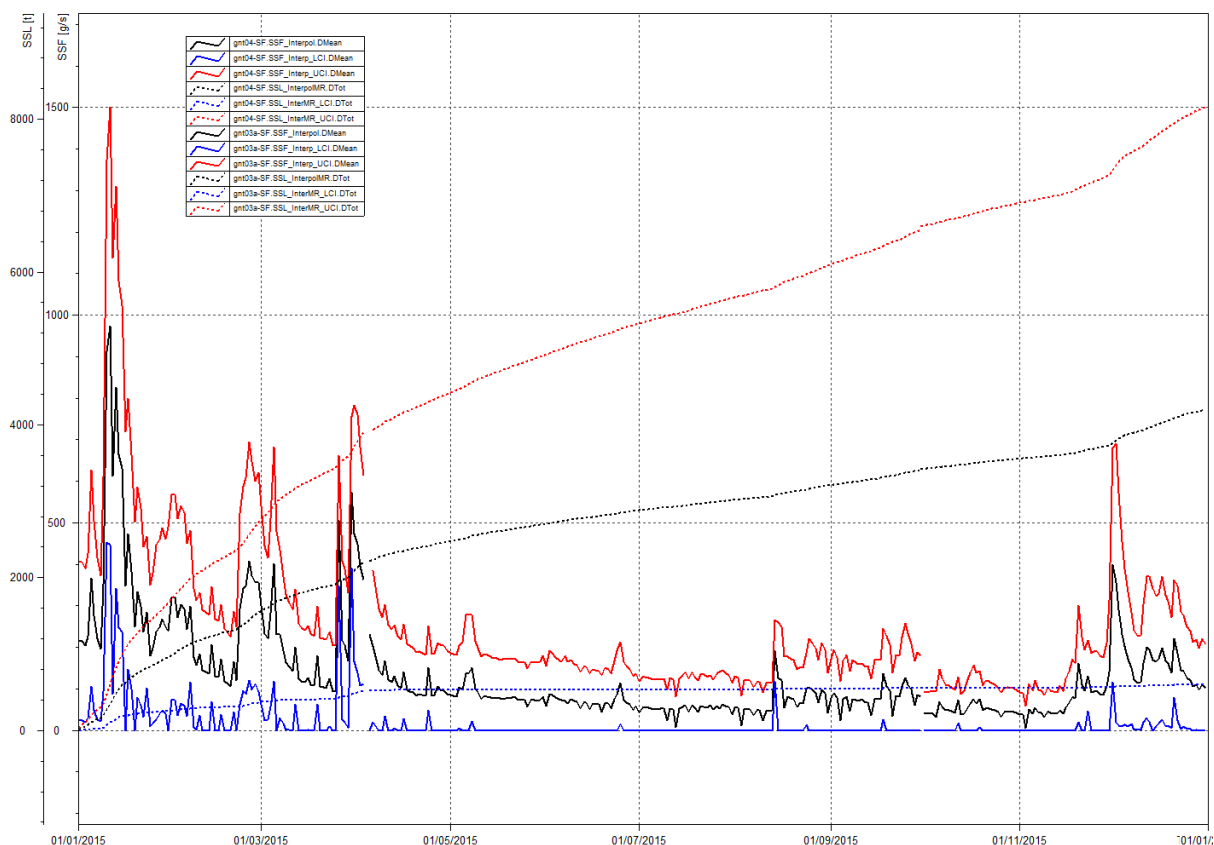
Figuur 147 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zenne te Eppegem



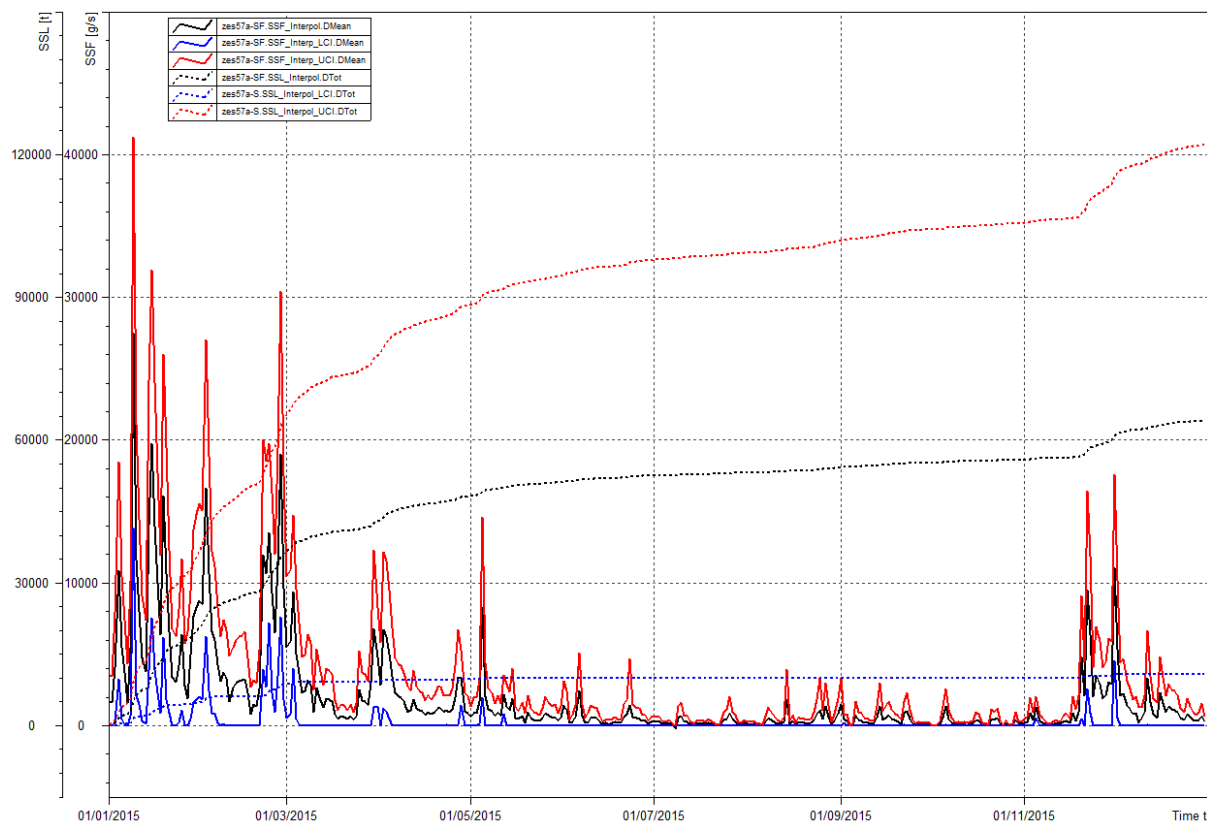
Figuur 148 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Kleine Nete te Grobbendonk



Figuur 149 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dijle/Demer te Haacht



Figuur 150 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Grote Nete te Itegem



Figuur 151 - Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) methode voor de Boven-Zeeschelde te Melle

Tabel 28 - Totale sedimentvracht (SSL) voor 2015 berekend via de interpolatiemethode met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-voorspellingsinterval

Meetlocatie	SSL (ton)	LCI	UCI
Grobbendonk (Kleine Nete)	6.203	2.967	8.941
Itegem (Grote Nete)	4.196	602	8.163
Eppegem (Zenne)	12.856	4.820	23.728
Haacht (Dijle)	43.033	11.544	91.047
Dendermonde (Dender)	11.300	2.531	22.218
Melle (Boven-Zeeschelde)	64.059	10.861	122.079

Wanneer men de LCI en UCI in de tabel en de figuren beschouwt, blijkt dat de geschatte sedimentvrachten onderhevig zijn aan een behoorlijk grote onzekerheid. Vooral voor de meetposten waarvoor slechts een regressiemodel van mindere kwaliteit (R^2) kon gevonden worden (vb. Melle), liggen de LCI en UCI ver uiteen, of is dus de betrouwbaarheid van het model (en daarmee de geschatte sedimentvracht) relatief laag.

De maandelijks slibafvoer aan de monding van de verschillende bemeten rivieren (Kleine Nete, Grote Nete, Zenne, Dijle, Dender) wordt berekend gebruikmakend van lineaire extrapolaties i.f.v. de oppervlakten van het deelbekken opwaarts de meetraaien en de volledige oppervlakten van het bekken (dus opwaarts de monding). Tabel 29 geeft voor de bemeten waterlopen de gehanteerde verhouding weer tussen het oppervlakte van het deelbekken opwaarts de monding en de oppervlakte opwaarts de meetraai. Deze verhouding vermenigvuldigd met de slibafvoer aan de meetraai, levert een benadering van de slibafvoer aan de monding. Voor de LCI en UCI wordt dezelfde herschalingfactoren toegepast.

Tabel 29 - Herschalingfactor van meetraai naar monding

Waterloop	Oppervlakte opwaarts monding / Oppervlakte opwaarts meetraai
Kleine Nete (Grobbendonk)	1,39
Grote Nete (Itegem / Itegem Hullebrug)	1,35 / 1,08
Zenne (Eppegem)	1,08
Dijle (Haacht)	1,08
Dender (Dendermonde)	1
Boven-Zeeschelde (Melle)	1

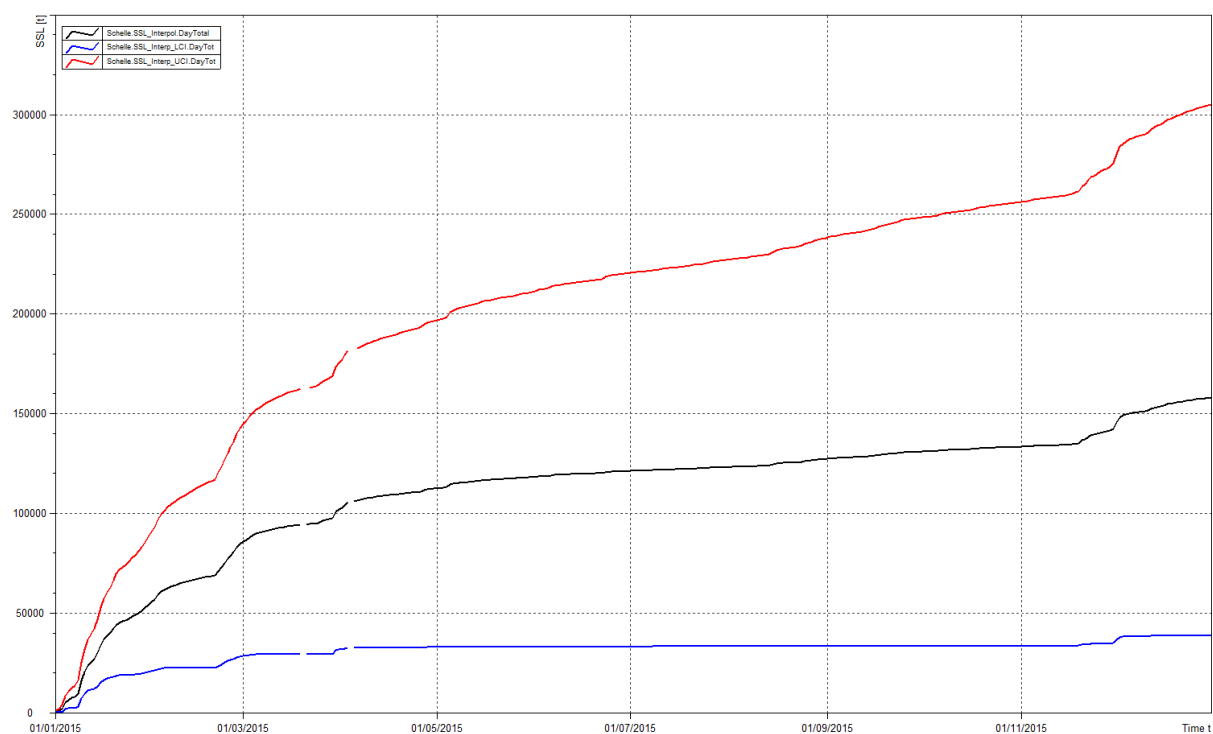
Door de gesommeerde slibafvoer aan de monding van Kleine en Grote Nete, Zenne en Dijle te delen door de bijhorende totale oppervlakte (6.065 km²), bekomt men de specifieke slibafvoer (per km²). De bijkomende slibafvoer afwaarts de monsternamenpunten voor de Rupel, Nete, Schelde en Durme kan dan geschat worden door de vermenigvuldiging van de oppervlakte van deze zijbekkens met deze specifieke slibafvoer. De oppervlaktes van deze bijkomende zones afwaarts de monsternamenpunten bedragen:

- 270 km² voor de Rupel
- 120 km² voor de Nete
- 475 km² voor de Schelde
- 325 km² voor de Durme

Sommatie van de slibafvoer aan de mondingen in Rupel- en Scheldebekken en de slibafvoer van de zijbekkens, levert dan een schatting van de slibafvoer te Schelle. Deze bedraagt 159.057 ton, met een LCI van 38.856 ton en een UCI van 309.144 ton. De resultaten worden weergegeven in Tabel 30 en Figuur 152. Het resultaat te Schelle ligt merkbaar lager dan de jaarlijkse gemiddelden voor de periode 1972-2009 en 1992-2009, nl. 286.548 ton resp. 237.927 ton, maar wel boven de minima van deze periodes, nl. 130.319 ton resp. 103.753 ton (Van Hoestenbergh et al., 2014).

Tabel 30 - Totale sedimentvracht voor 2015 berekend via de interpolatiemethode aan de monding van de bemeten en *niet-bemeten* stroomgebieden en op de Zeeschelde te Schelle

Meetlocatie	SSL (ton)	LCI	UCI
Kleine Nete	8.622	4.124	12.428
Grote Nete	5.459	800	10.605
Zenne	12.856	4.820	23.728
Dijle	43.033	11.544	91.047
Dender	11.300	2.531	22.218
Boven-Zeeschelde	64.059	10.861	122.079
<i>Rupel – Nete – Zeeschelde – Durme</i>	<i>13.729</i>	<i>4.177</i>	<i>27.039</i>
Zeeschelde (Schelle)	159.057	38.856	309.144



Figuur 152 - Gecumuleerde sedimentvracht SSL geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zeeschelde te Schelle in 2015

4.2. Meetcampagnes

4.2.1. Langsvaarten

4.2.1.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

Het Waterbouwkundig Laboratorium voert reeds vanaf de jaren 1960 periodieke langsvaarten langsheen het Schelde-estuarium. Hierbij wordt met behulp van een meetschip op een bepaald moment in de getij-cyclus een meting uitgevoerd van bepaalde fysische parameters. In eerste instantie waren deze vaarten vooral gericht op het meten van het verloop van de conductiviteit langsheen het estuarium om alzo de "saliniteitsgradiënt" in beeld brengen.

Sinds 2010 heeft men echter ook systematisch naast de conductiviteit (gemeten met een YSI sonde) ook water- en sedimentstalen genomen met behulp van een pomp, om zo ook enerzijds het chloridegehalte te kunnen bepalen, als anderzijds ook de sedimentconcentratie te kunnen meten. Bij de zogeheten langsvaarten worden op 17 vaste locaties (zie Figuur 153) langsheen de Beneden-Zeeschelde pompstalen genomen in de bovenste helft van de waterkolom (1 à 3 m onder het wateroppervlak). De vaarten worden maandelijks tot 3-maandelijks uitgevoerd op volgende momenten van het getij:

- Kentering hoogwater (KHW): deze meting geeft de ligging van de saliniteitsgradiënt weer na de vloedperiode, wat overeenkomt met de meest opwaartse ligging ervan; de sedimentconcentraties die op dit moment gemeten worden geven een "achtergrondwaarde" weer.
- Kentering laagwater (KLW): deze meting geeft de ligging van de saliniteitsgradiënt weer na de ebperiode, wat overeenkomt met de meest afwaartse ligging ervan; de sedimentconcentraties die op dit moment gemeten worden geven een "achtergrondwaarde" weer.
- Halftij-eb (HTE): deze meting (Tabel 31) richt zich louter op de sedimentconcentraties. en werd sinds 2009 maandelijks uitgevoerd in de Beneden-Zeeschelde; sinds 2012 werd deze meting ook uitgebreid naar de Boven-Zeeschelde [Plancke *et al.*, 2012, 2014], doch hier 3-maandelijks; deze metingen geven een beeld van de sedimentconcentraties in het estuarium bij aanzienlijke stromingen. De factual data rapportering voor 2015 wordt beschreven in Meire *et al.* (2016).

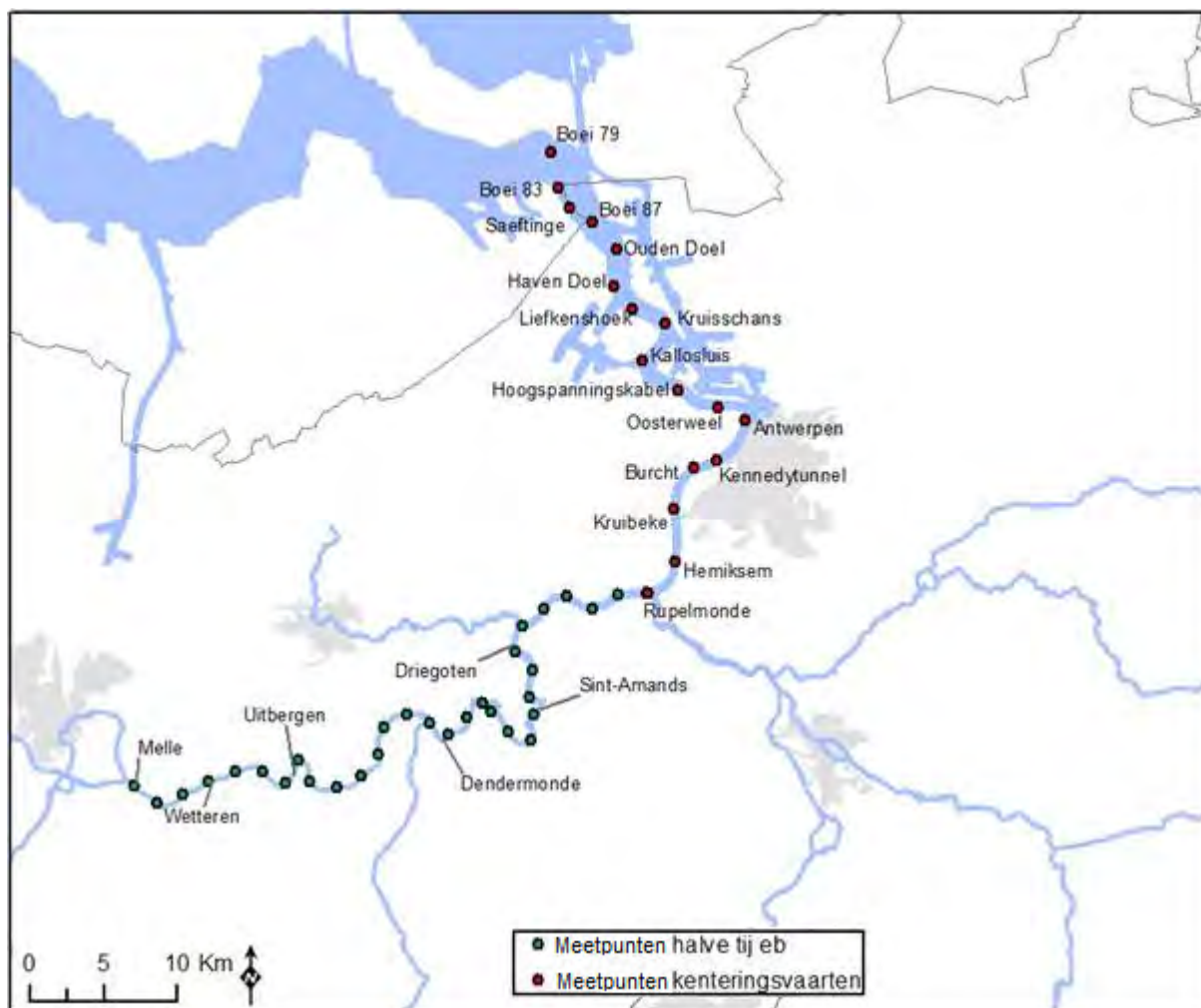
Bij de kenteringsvaarten dient het meetschip de kentering bij te houden, wat in de praktijk niet evident is. Hierdoor zal de meting aanvagen op het meest stroomafwaartse punt op een moment dat de stroming nog niet gekenterd heeft, terwijl op het eindpunt (meest opwaarts) de kentering reeds gebeurd zal zijn.

Voor de conductiviteit zal de invloed hiervan beperkt blijven, doch voor de sedimentconcentratie kan dit een meer belangrijke invloed hebben. Bij de halftij-eb meting is deze invloed veel kleiner, aangezien de stroomsnelheid gedurende de eb-fase minder sterk varieert. Daardoor zal ook de sedimentconcentratie minder aan belangrijke variaties onderhevig zijn, zodat deze periode zich voor suspensiemateriaal beter leent tot metingen langsheen het estuarium.

Sinds 2015 is de frequentie van de kenteringsvaarten verlaagd van maandelijks, naar driemaandelijks (naar analogie van de halftij eb vaarten. Dit heeft effect op de hierna voorgestelde figuren en plots, een afwijkende waarde krijgt driemaal meer gewicht dan voorheen, en kleine variaties doorheen de tijd worden niet geregistreerd.

Tabel 31 - Overzicht data meetcampagnes halve tij eb.

Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Winter	Beneden-Zeeschelde	12/02/2015
	Boven-Zeeschelde	10-11/02/2015
Lente	Beneden-Zeeschelde	2/05/2015
	Boven-Zeeschelde	21-22/05/2014
Zomer	Beneden-Zeeschelde	04/09/2015
	Boven-Zeeschelde	02-03/09/2014
herfst	Beneden-Zeeschelde	17/12/2015
	Boven-Zeeschelde	15-16/12/2014

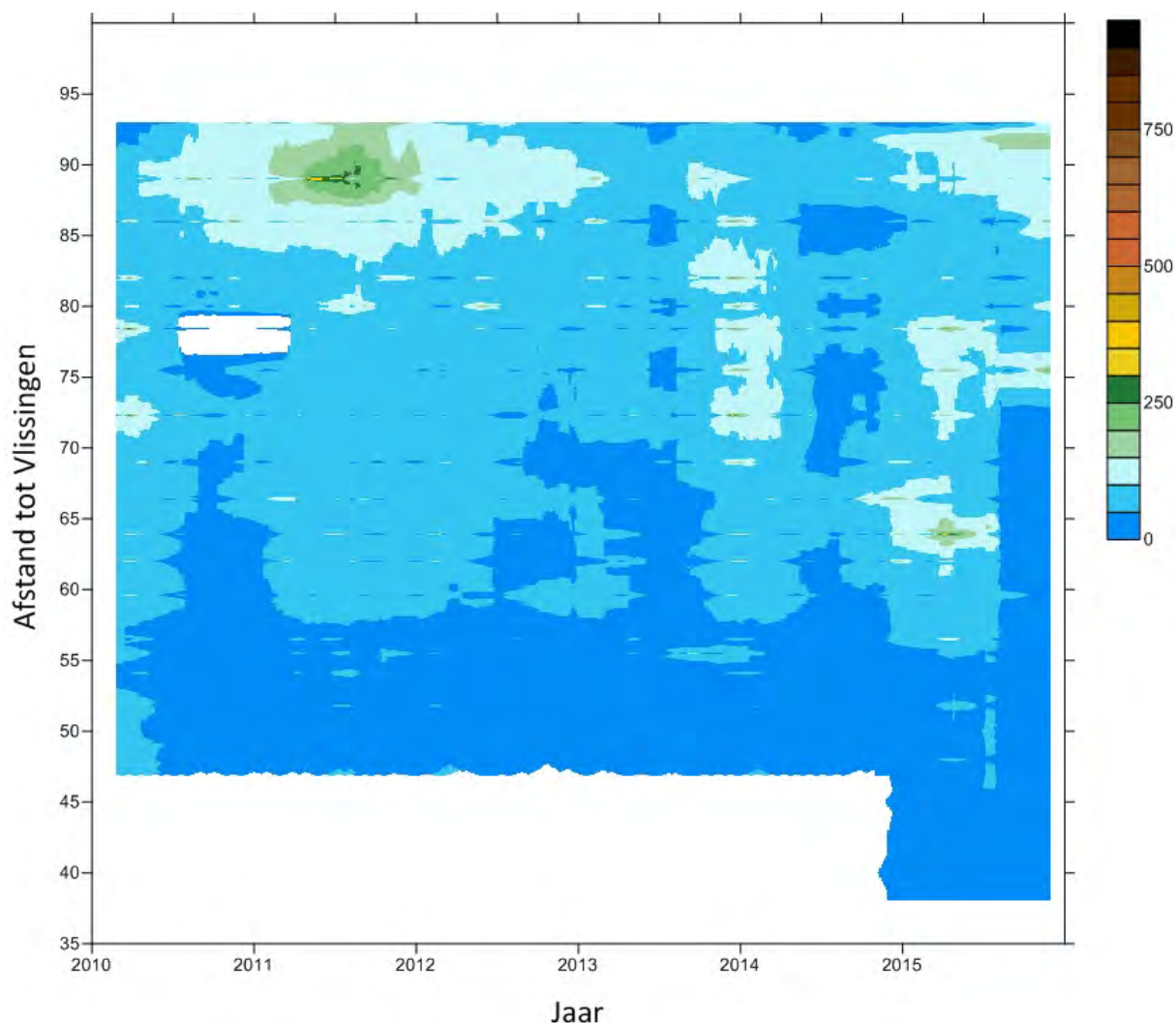


Figuur 153 - Ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten

4.2.1.2 Resultaten sedimentconcentratie langsvaarten

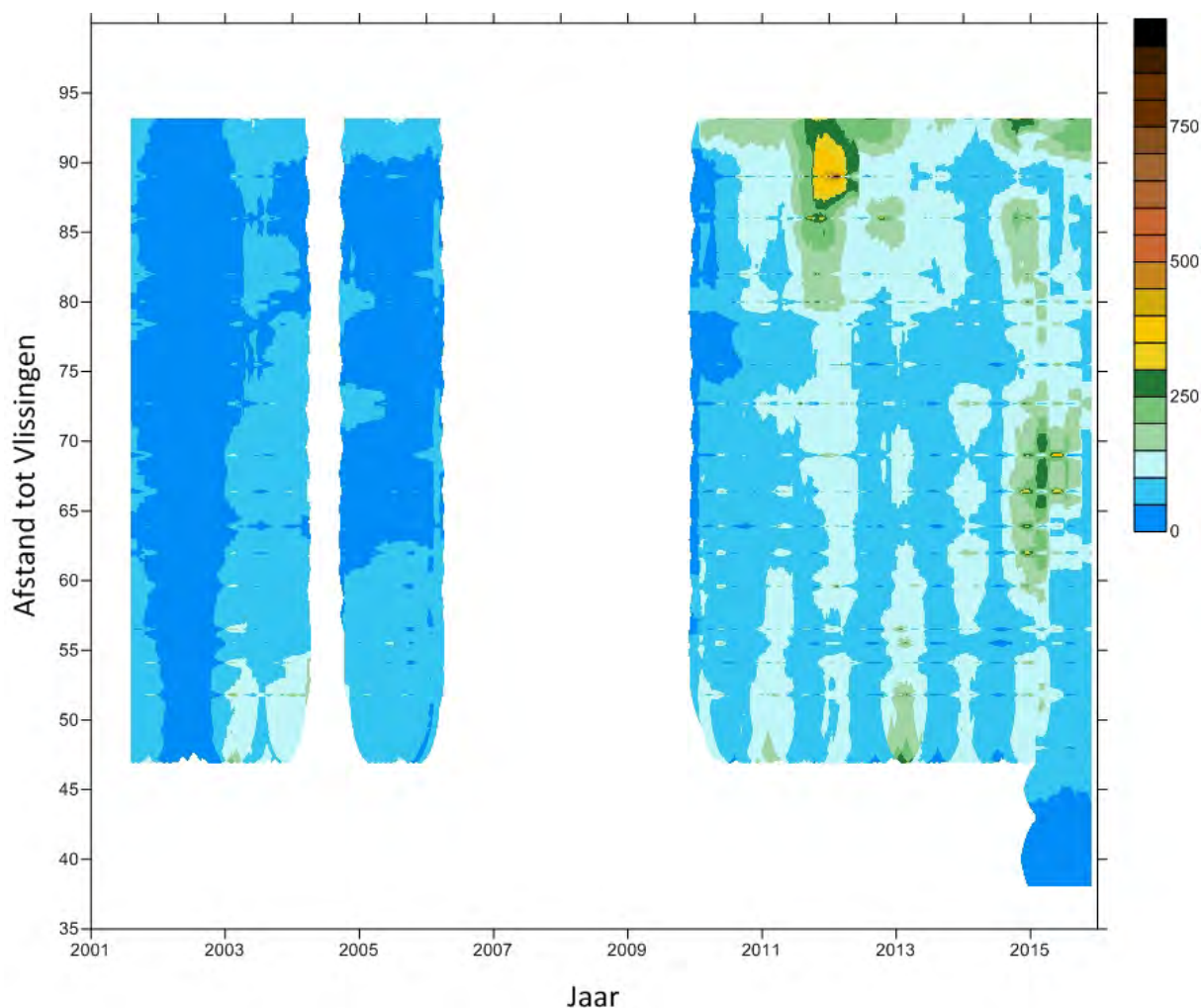
Figuur 154 t.e.m. Figuur 156 geven het verloop van de sedimentconcentratie langs het Beneden-Zeeschelde weer voor de periode 2010 – 2015 en dit voor de verschillende momenten van het getij. Deze grafieken geven op de y-as de afstand ten opzichte van de monding weer, waarbij de meting afwaarts aanvangt ter hoogte van Haven Kruiningen (KM 38), via Liefkenshoek (KM 63,1) en Antwerpen-Loodsgebouw (KM 77,6) tot Rupelmonde (KM 93). Deze plots zijn gemaakt aan de hand van een Inverse Distance Weighting interpolatietechniek, waarbij langs de x-as data mee opgenomen worden in de interpolatie die binnen de grenzen van + 4 maand en - 4 maand zijn gelegen, langs de y-as is dit +5km en -5 km.

Gelet op bovenstaande bemerking met betrekking tot de moeilijkheid van het volgen van de kentering over het volledige traject, dient opgemerkt te worden dat de hogere waarden in het opwaartse deel van het traject (tussen KM 80 en 93) naar alle waarschijnlijkheid deels te wijten zijn aan het niet meten op het moment van kentering hoog- en laagwater, doch reeds in de initiële eb- respectievelijk vloedperiode. Aangezien de metingen op identieke wijze in de loop der jaren worden uitgevoerd, zijn de waarden wel onderling vergelijkbaar over de verschillende jaren.



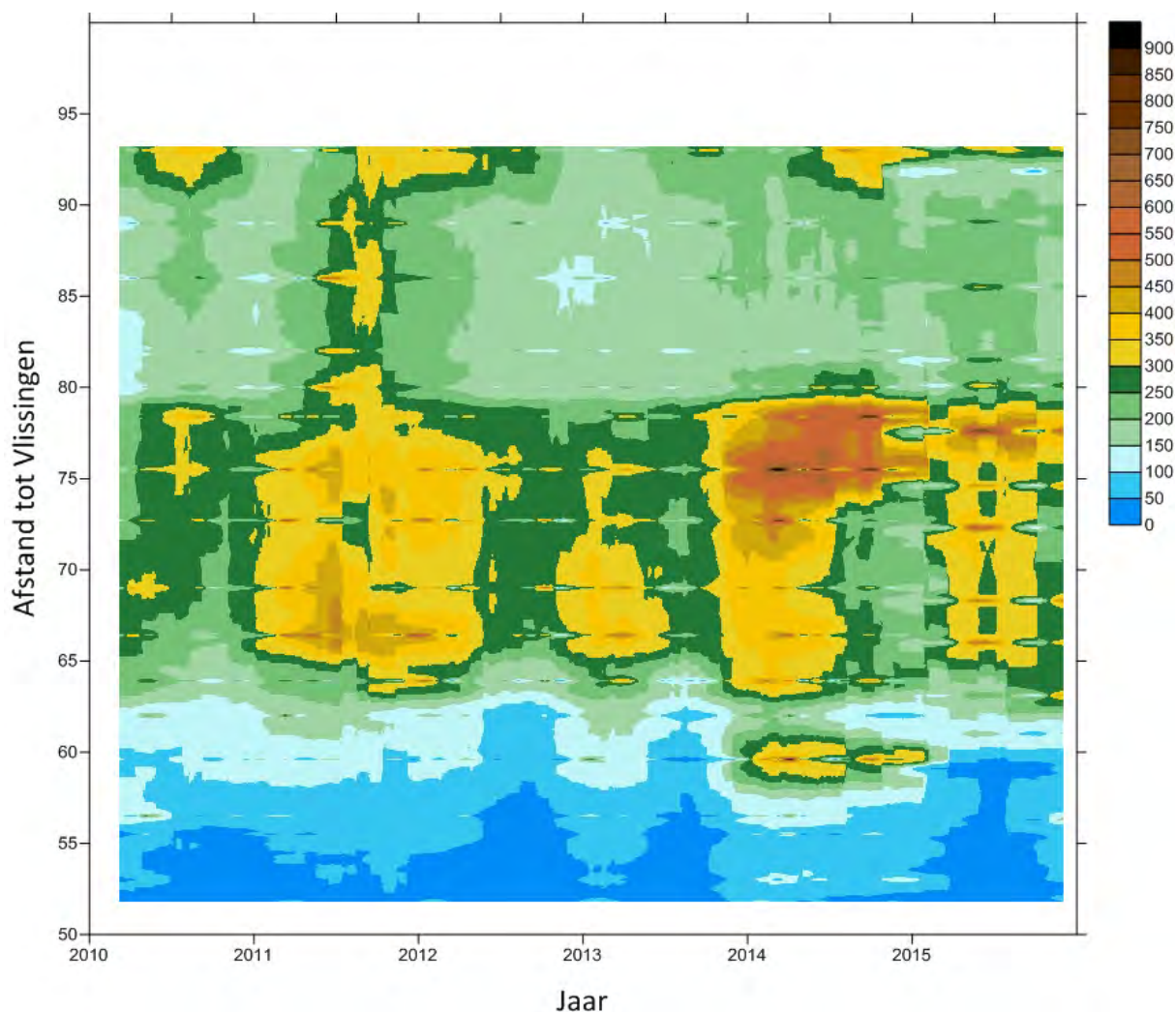
Figuur 154 - Sedimentconcentratie bij kentering hoogwater langsheen de Beneden-Zeeschelde (mg/L).

Voor de langsvaarten tijdens kentering hoogwater, blijven de gemeten sedimentconcentraties grotendeels beneden 100 mg/L. Enkel in het meest opwaartse deel worden hogere concentraties gemeten, die echter ook in de tijd variëren. Hierbij valt met name de verhoging van de sedimentconcentraties op in het jaar 2011, die in de loop van 2012 terug zakken naar een lager niveau, en nog verder zakken in 2013. In 2014 lijkt een opnieuw een lichte toename waarneembaar (zeker in de winterperiodes). Gedurende 2015 blijven de sedimentconcentraties stijgen, vooral voor het meest opwaartse gedeelte van het gebied, maar nu ook vanaf km 65. Vooral tijdens de laatste wintercampagne werden in het afwaartse gedeelte zeer lage concentratie (< 50 mg/L) gemeten, terwijl in het opwaartse deel (vanaf km 75) de sedimentconcentratie plaatselijk stijgt naar 200 mg/L.



Figuur 155 - Sedimentconcentratie bij kentering laagwater langsheen de Beneden-Zeeschelde (mg/L).

De sedimentconcentraties gemeten tijdens de langsvaarten bij kentering laagwater, stijgen doorheen de gehele bemeten periode. Voor 2007 werden slechts lokaal, in de meest afwaartse locaties concentraties tot 200 mg/L opgemeten, terwijl in het algemeen de sedimentconcentraties onder 150 mg/L bleven. In 2010 beginnen de gemeten sedimentconcentraties te stijgen aan de meest opwaartse meetlocaties. In 2012 worden over het algemeen hogere sedimentconcentraties gemeten, met een piek (tot 350 mg/L) aan de meest afwaartse locatie in de tweede helft van het jaar. Deze piek verdwijnt in 2013. Eind 2014 en 2015 worden in opnieuw hogere concentraties opgemeten (tot 200 mg/L) in het opwaartse gedeelte, maar nieuw is ook de toename tot zo'n 200mg/L in de zone 65-70 KM tijdens 2015.

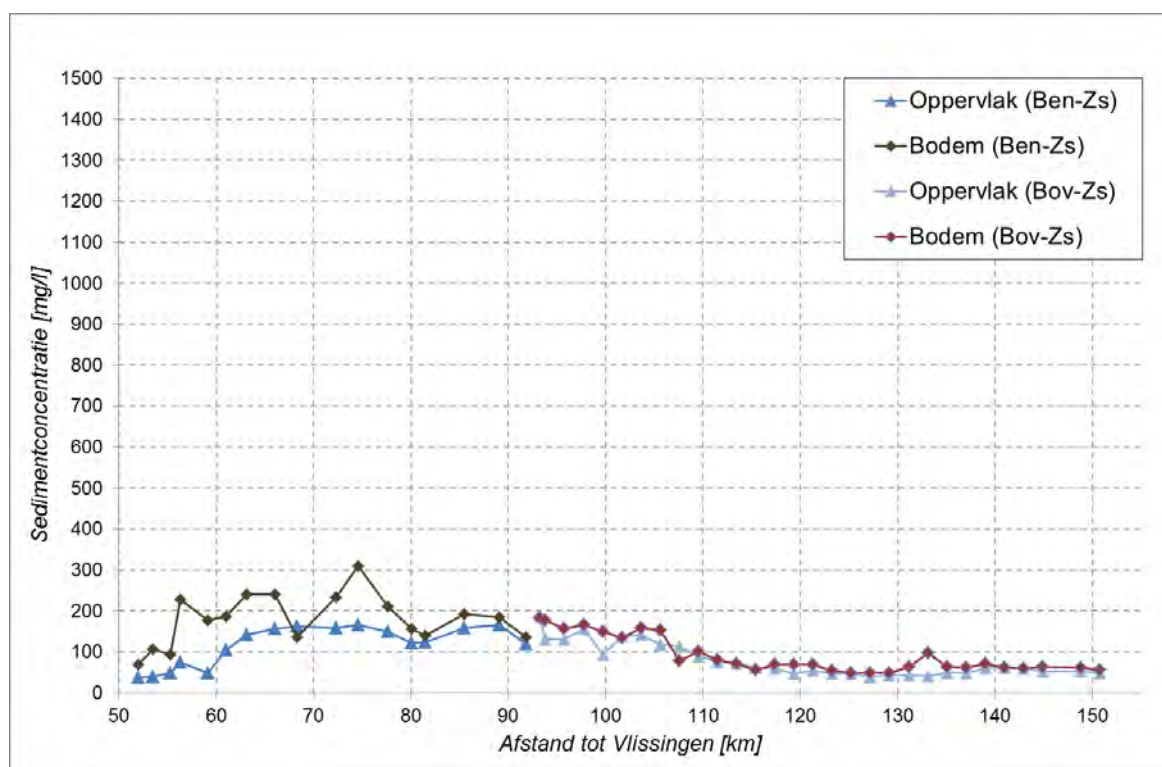


Figuur 156 - Sedimentconcentratie bij half-tij-eb langs de Beneden-Zeeschelde (mg/L).

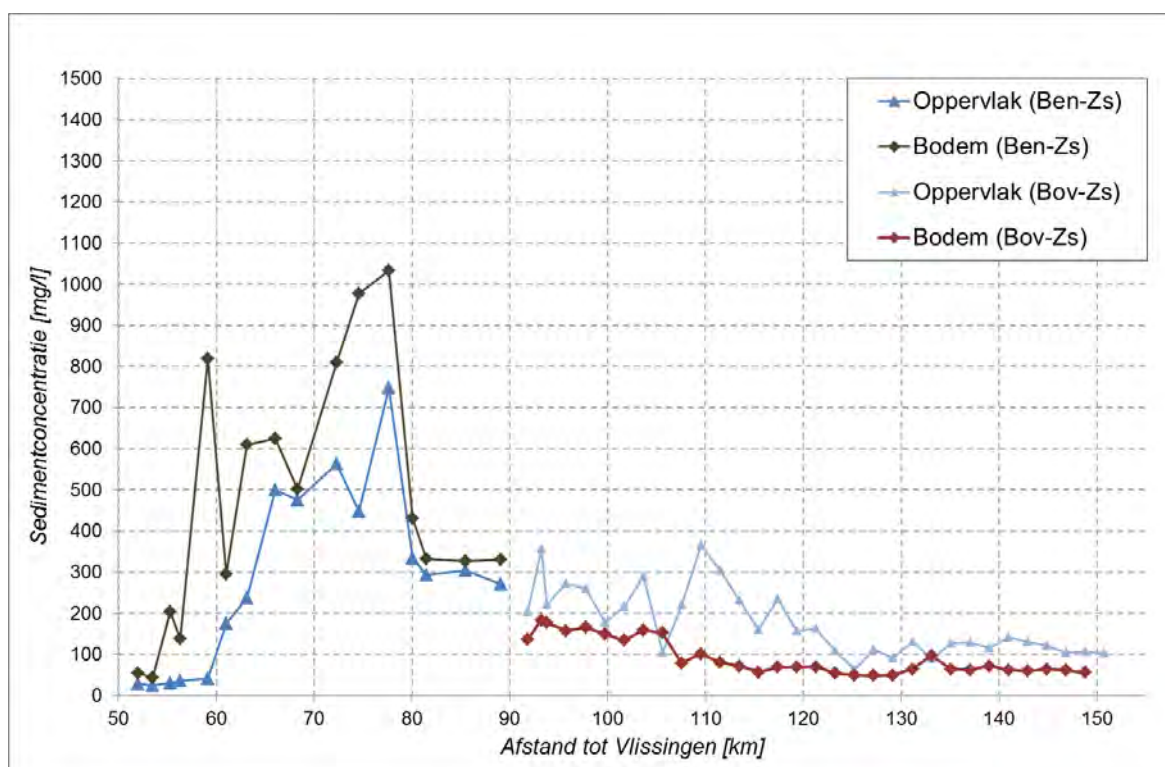
De metingen uitgevoerd bij half-tij-eb geven ruimtelijk een ander beeld: de hoogste sedimentconcentraties (tot 650 mg/L) worden gevonden tussen KM 60 en KM 80. Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, kan een vergelijkbaar patroon vastgesteld worden als bij de kenteringvaarten. De hoogste sedimentconcentraties werden opgemeten in 2014 en 2015. De verhoging in sedimentconcentratie die in 2014 werd opgemeten rond KM 60, lijkt in 2015 volledig verdwenen.

Ook valt op te merken dat de sedimentconcentraties hoger zijn tijdens de winter, en lager tijdens de zomer.

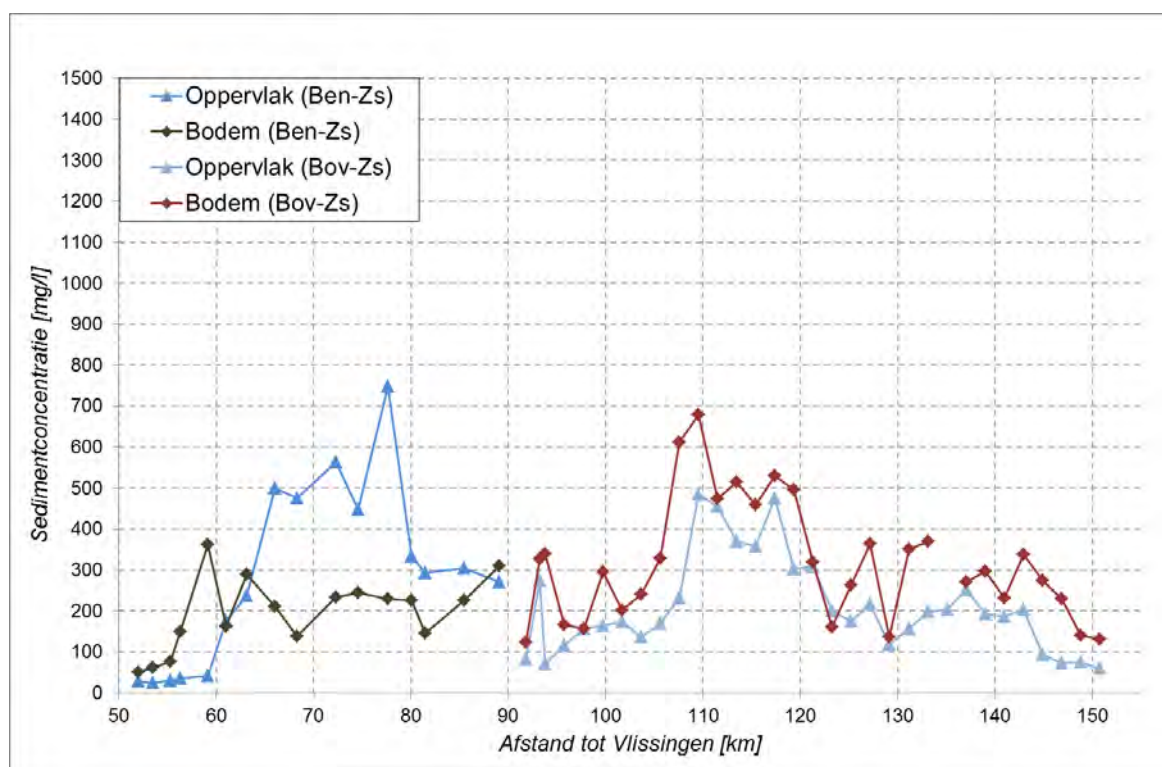
Figuur 157 t.e.m. Figuur 160 geven het verloop van de (aan de oppervlakte en bodem bemonsterde) sedimentconcentratie langs de volledige Zeeschelde, tijdens vier HTE campagnes die zowel de Boven-Zeeschelde als de Beneden-Zeeschelde bemonsterden. Tabel 32 geeft enkele kengetallen van deze campagnes.



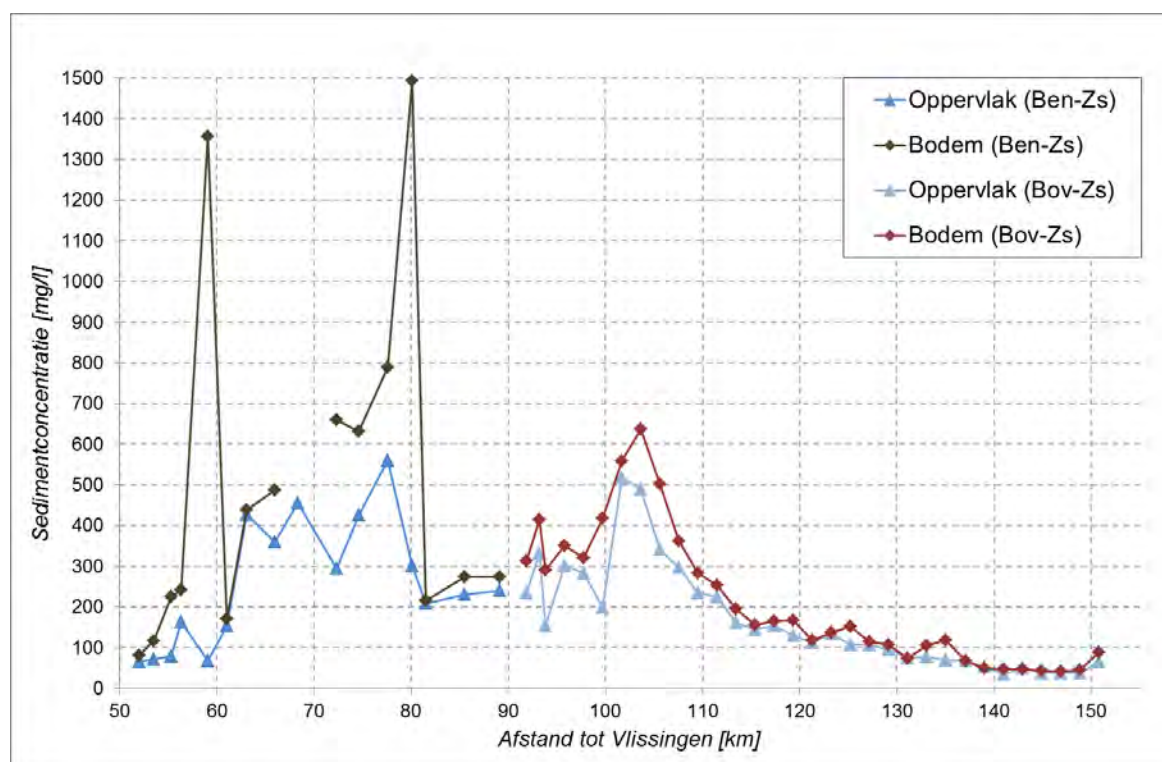
Figuur 157 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in februari 2015 langsheen de volledige Zeeschelde



Figuur 158 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in mei 2015 langsheen de volledige Zeeschelde



Figuur 159 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in september 2015 langsheen de volledige Zeeschelde



Figuur 160 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in december 2015 langsheen de volledige Zeeschelde

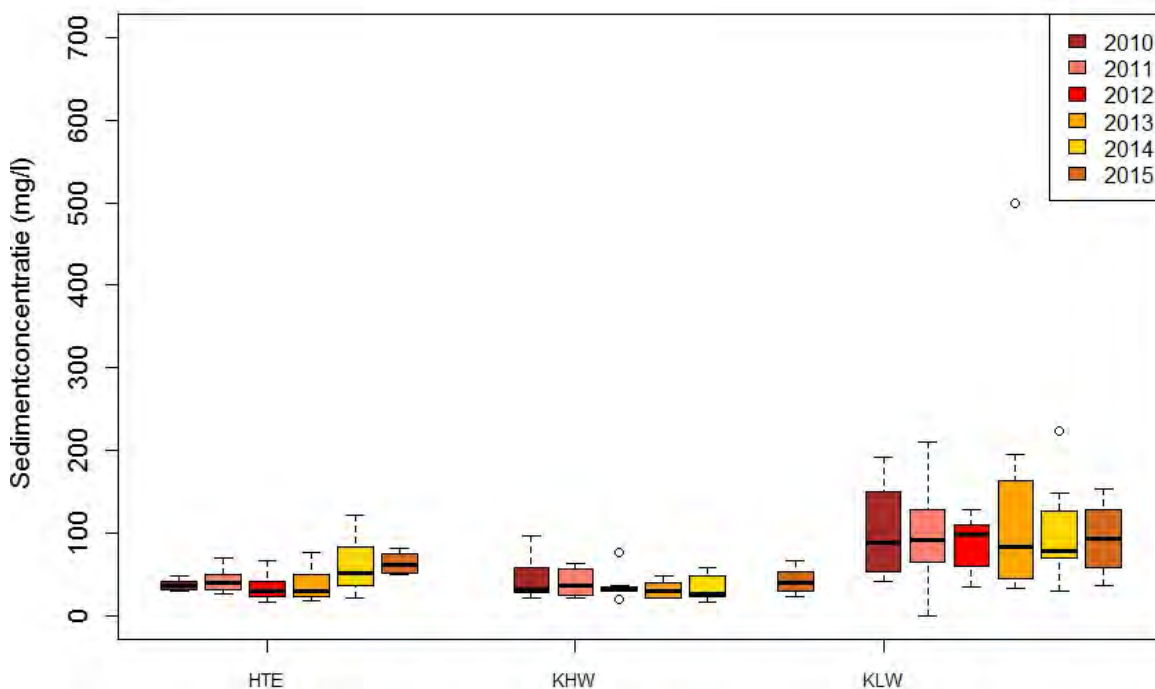
Tabel 32 - Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/L) van halftij-eb gegevens in 2015 langsheen de volledige Zeeschelde

		februari		mei		september		december	
		opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem
Gehele de Zeeschelde	min	37	48	25	44	21	50	34	42
	max	188	309	748	1033	484	678	560	1493
	gemid	92	123	211	351	175	275	197	302
	stdev	47	66	150	226	112	141	142	305
Beneden-Zeeschelde	min	37	69	25	44	21	50	66	81
	max	188	309	748	1033	274	361	560	1493
	gemid	120	179	282	458	114	198	259	481
	stdev	50	60	210	298	69	91	148	406
Boven-Zeeschelde	min	39	48	64	130	59	130	34	42
	max	157	177	365	634	484	678	517	638
	gemid	75	88	168	286	212	323	160	201
	stdev	36	42	76	140	118	146	128	164

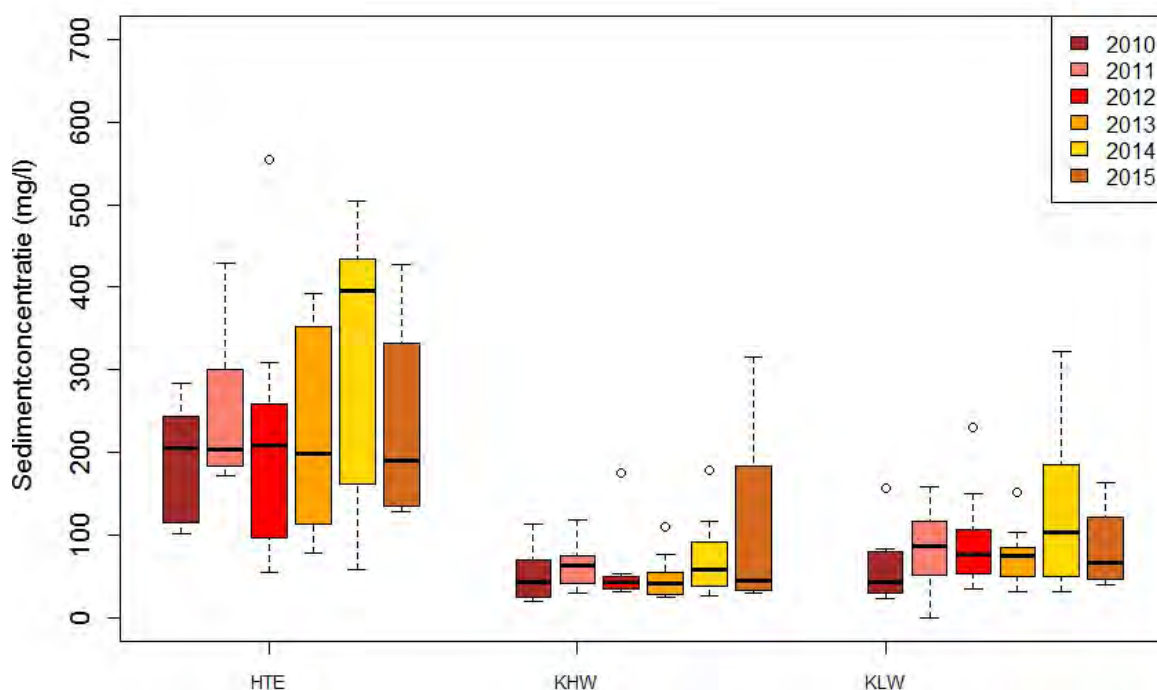
De laagste concentratie deden zich voor in februari, in zowel de Boven- als de Beneden-Zeeschelde

Tot nu toe werden de langsvaarten besproken in het kader van ruimtelijke en temporele variatie van de sedimentconcentratie langsheen de Zeeschelde. In Figuur 161 t.e.m. Figuur 165 worden voor vijf verschillende locaties langsheen de Beneden Zeeschelde (tussenafstand ca. 10 km), en voor de verschillende momenten in de getijcyclus, het verloop van de sedimentconcentraties genomen aan het oppervlak voor de periode 2010-2015 weergegeven. Hierbij is geopteerd voor een boxplot-weergave: een vijf-getallen-samenvatting die bestaat uit het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan (of tweede kwartiel), het derde kwartiel en het maximum van de waargenomen data (die niet als uitschieters worden beschouwd). Zwakke uitschieters liggen op een afstand tussen 1,5 en 3 maal de interkwartielafstand van het eerste of derde kwartiel en worden aangeduid met een °. Sterke uitschieters liggen op een afstand groter dan 3 maal de interkwartielafstand van het eerste of derde kwartiel en worden aangeduid met een *.

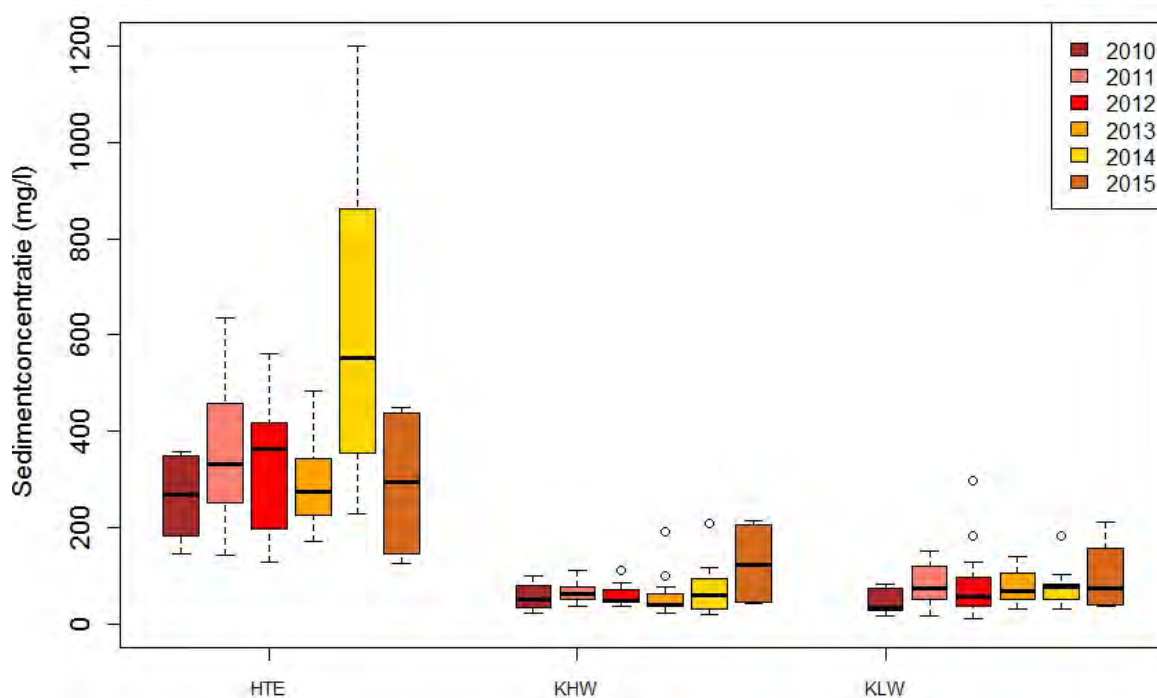
Aangezien sinds 2015 slechts vier meetcampagnes per jaar uitgevoerd werden voor kenteringsvaarten, zal dat een impact hebben op de bepaling van outliers in vergelijking met deze procedure de voorgaande jaren.



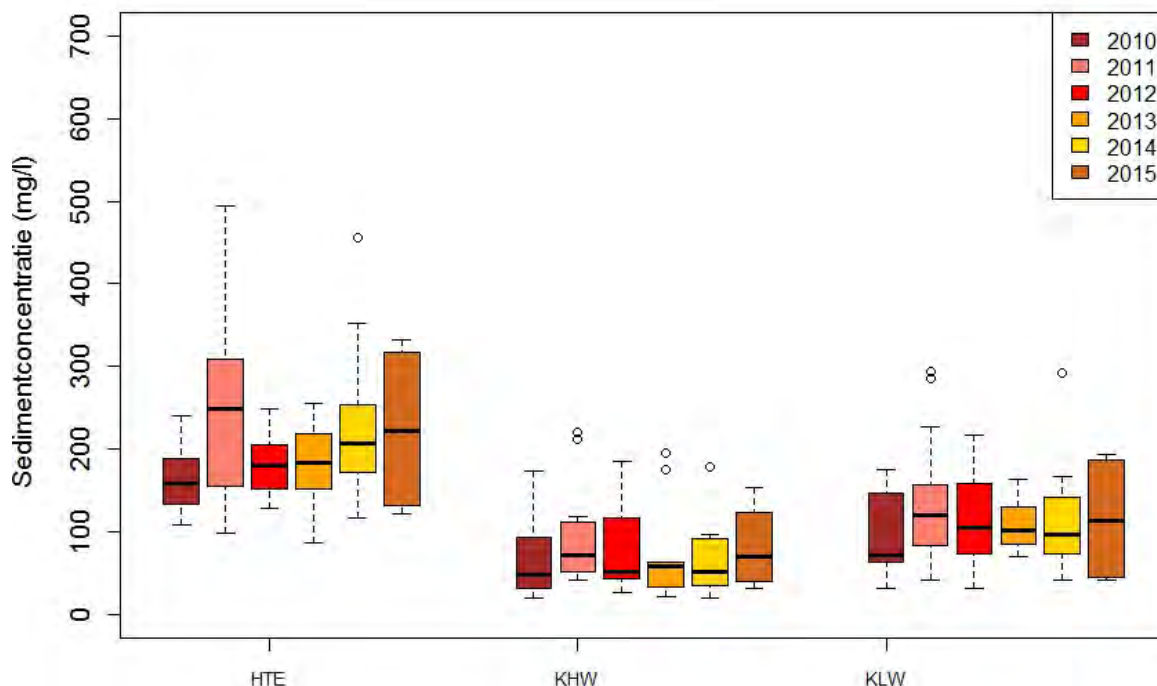
Figuur 161 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Boei 79



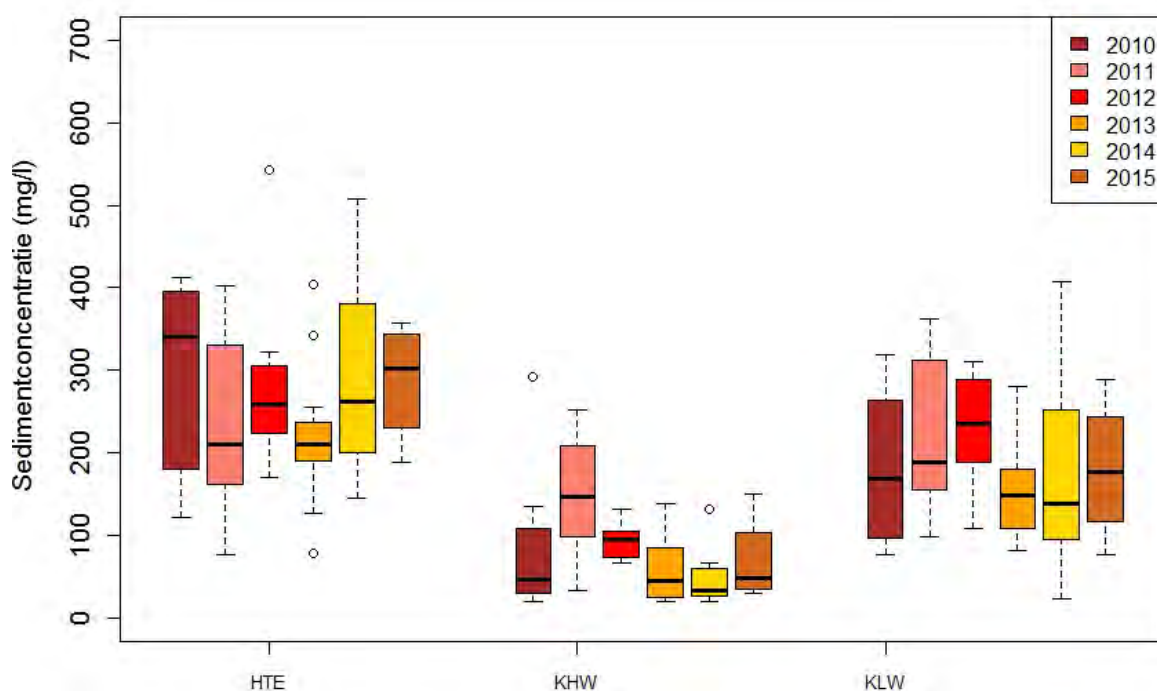
Figuur 162 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Liefkenshoek



Figuur 163 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Oosterweel



Figuur 164 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Kennedy-tunnel



Figuur 165 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2015 – Rupelmonde

Te Boei 79 (Figuur 161) blijken de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor te komen bij kentering laagwater (gemiddeld ca. 100-200 mg/L), terwijl deze bij kentering hoogwater en half-tij-eb lager liggen (ca. 50 mg/L). Dit kan verklaard worden doordat het sedimentrijk water van de Zeeschelde enkel bij kentering laag water deze afwaarts gelegen locatie bereikt, terwijl bij kentering hoog water het minder sediment-beladen water van de Westerschelde deze locatie voorbijstroomt.

Deze gemiddelde waarden variëren weinig voor de verschillende jaren en ook de andere kengetallen blijven ongeveer gelijk over de beschouwde periode. Enkel voor de half tij-eb campagnes is een algemene verhoging van de sedimentconcentraties merkbaar voor 2014 en 2015, dit in vergelijking met de voorgaande jaren. In 2015 valt het op dat over het algemeen de sedimentconcentraties tijdens de halve tij ebvaarten opgemeten hoger zijn, en ze ook een veel kleinere onderling variatie vertonen (kleinere range). Dit valt te verklaren door het kleiner aantal staalnames sinds 2015.

Te Liefkenshoek (Figuur 162) komen de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor bij halftij-eb (gemiddeld ca. 200 mg/L), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/L). Deze gemiddelde waarden variëren weinig voor de verschillende jaren en ook de andere kengetallen blijven ongeveer gelijk over de beschouwde periode. De variatie binnen de halftij-eb gegevens is wel veel groter dan voor de kenteringsvaarten. Ter hoogte van Liefkenshoek werden voor alle campagnes in 2014 gemiddeld hogere sedimentconcentraties opgemeten in vergelijking met de voorgaande jaren. Bij de halve tij-eb campagnes leidde dit zelfs tot een verdubbeling van de mediaan (van 200 mg/L in 2010-2013 tot 400 mg/L in 2014). Tijdens de campagnes in 2015 stabiliseerde dit terug en hier werden tijdens de halve tij ebvaarten en de kenteringsvaarten tijdens laagwater, gelijkaardige sedimentconcentraties opgemeten als de voorgaande jaren. Enkel tijdens de kenteringsvaarten bij hoogwater werden in 2015 hogere concentraties opgemeten dan alle voorgaande jaren, maar aangezien de mediaan weinig variatie toont doorheen de voorbije jaren, lijkt de verhoogde sedimentconcentratie eerder toe te wijten aan de beparkte staalname in 2015.

De laagste sedimentconcentratie ter hoogte van Oosterweel (Figuur 163), werden geregistreerd tijdens de kenteringsvaarten tijdens hoog- en laagwater. In 2015 werden voor deze vaarten echter sedimentconcentraties bemeten die voor kentering hoogwater bijna dubbel zo hoog waren als de jaren ervoor. De gegevens van de halve tij ebvaarten gevaren in 2015 zijn gelijkaardig aan deze gemeten in de voorgaande jaren, met uitzondering van 2014, waar de sedimentconcentraties gemiddeld hoger waren.

Ook voor de locatie aan de Kennedy-tunnel (Figuur 164) komen de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor bij halftij-eb (gemiddeld ca. 200 mg/L), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/L). De campagnes die afgewerkt werden in 2015, leverden zeer gelijkaardige resultaten op als de vorige jaren.

Voor Rupelmonde (Figuur 165) tenslotte is het beeld iets minder duidelijk. De hoogste sedimentconcentraties bevinden zich bij halftij-eb (gemiddelden variërend tussen 200 en 350 mg/L), maar de gemiddelde waarden bij kentering laagwater zijn ook behoorlijk hoog (variërend van 150 tot 250 mg/L). Dit is te wijten aan de staalnamemethodiek. Er wordt getracht de LW-golf te volgen, en wanneer de meetcampagnes dit meetpunt bereikt, loopt het schip meestal al vertraging op ten opzocht van de LW golf. Waarden die tijdens deze KLV-campagnes gemeten worden, zullen hoe meer opwaarts ze genomen zijn, steeds meer kunnen afwijken van het effectieve punt van KLV, en dus een verhoogde sedimentconcentratie kunnen vertonen.

De gemiddelde sedimentconcentraties bij kentering hoogwater liggen lager (variërend van 50 tot 150 mg/L). Er is geen duidelijke trend doorheen de jaren zichtbaar: bij kentering hoogwater zijn er hogere waarden in 2011; bij kentering laagwater nemen de gemiddelde sedimentconcentraties geleidelijk toe van 2010 tot 2012 om dan naar een dieptepunt te zakken in 2013; bij halftij-eb fluctueren de kengetallen over de zes jaren zonder uitgesproken trend.

4.2.2. Dertienuursmetingen (debiet en sedimentconcentraties)

4.2.2.1 Algemeen

Dertienuursmetingen (Tabel 33) beslaan een volledig getij (dus gedurende minstens de duur van een halfdaags getij, gemiddeld 12u25min lang, en vandaar het adjectief “dertienuurs”). Ze worden uitgevoerd door continu dwarsraaien te varen op een bepaalde plaats, aangevuld met het nemen van waterstalen. Tijdens de meting worden de watersnelheid en het gehalte aan suspensiemateriaal opgemeten over de ganse dwarssectie. Ondere de “ganse dwarssectie” wordt nagenoeg de volledige hoogte van de waterkolom verstaan, van nabij het wateroppervlak, tot bijna op de bodem hetgeen (meestal tot één meter boven de bedding). In breedte van de rivier gaat het uiteraard over de natte breedte, dus breder bij hoogwater dan bij laagwater, en voor zover het betrokken meetschip gezien zijn diepgang en de nodige kielspeling tot nabij de oever kon varen.

De dertienuursmetingen worden uitgevoerd met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Dit toestel is in staat om continu stroomsnelheden te meten, zowel en tegelijk over de (bijna) gehele waterkolom (verticale) als over de dwarsbreedte van de rivier, indien het schip dat het ADCP-toestel voert, mooi over de dwarsbreedte vaart. Verschillende instellingen qua diepte- en dwarsbreedtes worden toegepast. Deze metingen gebeuren per cel van 50 cm hoogte (voor de dwarsraaien te Liefkenshoek, Oosterweel en Schoonaarde) en per cel van 25 cm (voor de dwarsraaien te Driegoten, terhagen en Kruibeke), en telkens - cel per cel - over een 25-tal meter volgens de dwarsbreedte.

Om de waterstroming te kunnen meten wordt hoogfrequent een akoestisch signaal uitgezonden, waarvan door het Doppler-effect (= de fase-verschuiving tussen de uitgezonden en de ontvangen puls, uitgezonden met een frequentie van 1.200 kHz) de stroomsnelheid rechtstreeks wordt bepaald. Door de gemeten stroomsnelheden te vermenigvuldigen met de natte sectie, bekomt men het debiet (Q).

Zulk ADCP-toestel geeft evenwel ook een relatief betrouwbaar beeld van het gehalte aan zwevend materiaal in het water, ook per cel, dus ook telkens over een halve meter hoogte over de verticale en per eenheid over de breedte. Er treedt een vermindering van intensiteit tussen het (krachtige) uitzendsignaal en het (zwakkere) ontvangen signaal, zijnde de "backscatter". Dat verschil is een geluidsabsorptie veroorzaakt door enerzijds de absorptie in het eigenlijke water, en anderzijds de verspreiding en de absorptie van de geluidsgolf door alle sedimentkorrels in suspensie dat het signaal in zijn heen en weer gaan ondervindt. De bepaling van sedimentconcentratie (SSC) is dus afgeleid uit het signaalverlies tussen het door de ADCP uitgezonden en ontvangen akoestische signaal, maar wordt gecorreleerd met het gehalte aan suspensiemateriaal door zowel het regelmatig nemen van watermonsters alsook de ijking met een turbiditeitsmeetinstrument waarvan de turbiditeit ook naar sedimentgehalte gevalideerd is.

Voor meer gedetailleerde informatie met betrekking tot de methodologie van dertienuursmetingen wordt verwezen naar Levy et al. (2015). Hier worden enkel de resultaten van ADCP-metingen van 2015 gepresenteerd (vergeleken met de waarden van de vorige jaren). Meer bepaald worden de debieten, sedimentconcentraties (SSC) en de sedimentflux (SSF) gepresenteerd.

Tabel 33 - Overzicht meetcampagnes dertienuursmetingen met datum van uitvoering en start- en einduur in MET

Meetlocatie	Datum campagne	startuur	einduur
Liefkenshoek	07 mei 2015	7:16	20:01
Oosterweel	06 mei 2015	6:43	19:14
Kruibeke	18 juni 2015	6:43	19:57
Driegoten	04 juni 2015	6:23	19:00
Schoonaarde	15 juni 2015	6:27	18:38
Terhagen	17 juni 2015	6:22	18:59

4.2.2.2 Dertienuursmeting te Liefkenshoek

Op 07 mei 2015 werd een dertienuursmeting met een ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek. Figuur 166 toont de ligging van de gevaren dwarsraai, net opwaarts van (aan linkeroever) de steiger aan Fort Liefkenshoek en (aan rechteroever) Lillo, in wezen dus de lijn boven de Liefkenshoek-tunnel.



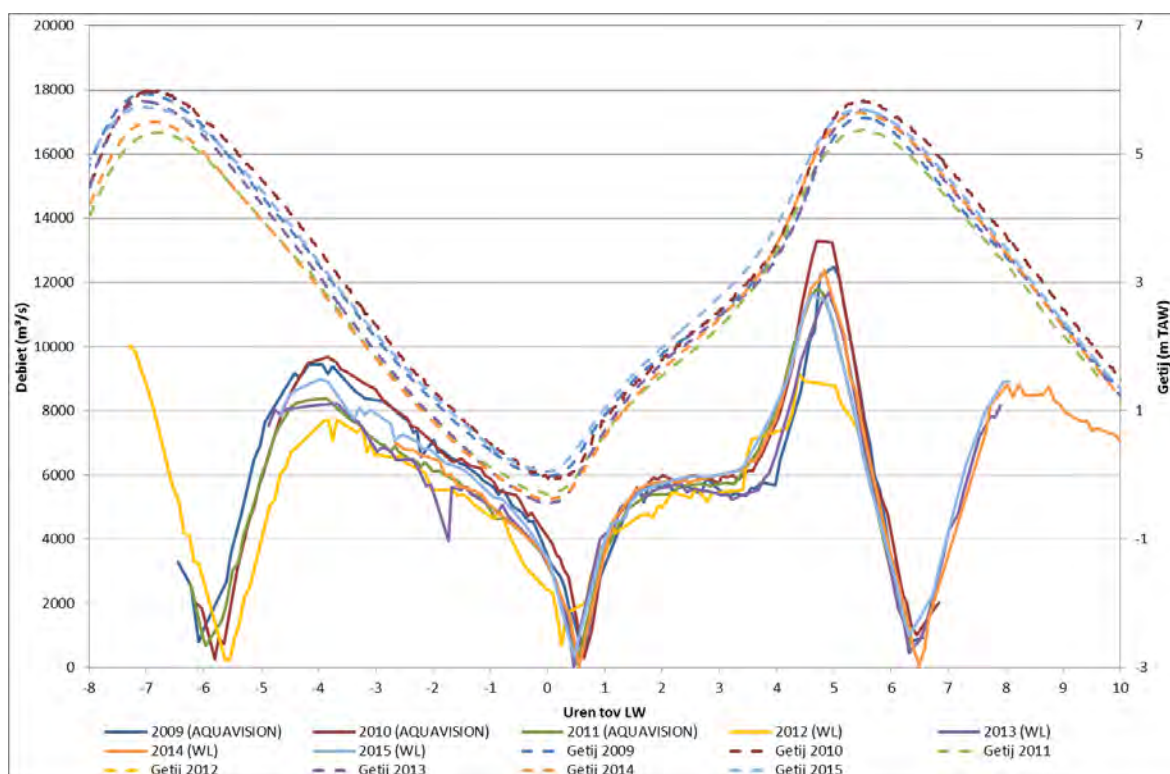
Figuur 166 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)

De zwarte lijn stelt de gevaren dwarsraai voor, waarover het meetschip, met een ADCP-meettoestel aan boord, gedurende dertien uren bijna onafgebroken weg en weer heeft gevaren. Er werden watermonsters genomen om zowel de backscattering van de ADCP als de meevarende turbiditeitsmeter te ijken. Op deze manier kunnen, naast stroomgegevens, ook een beeld van de verdeling en de grootte van het suspensiemateriaal over de dwarssectie opgemaakt worden.

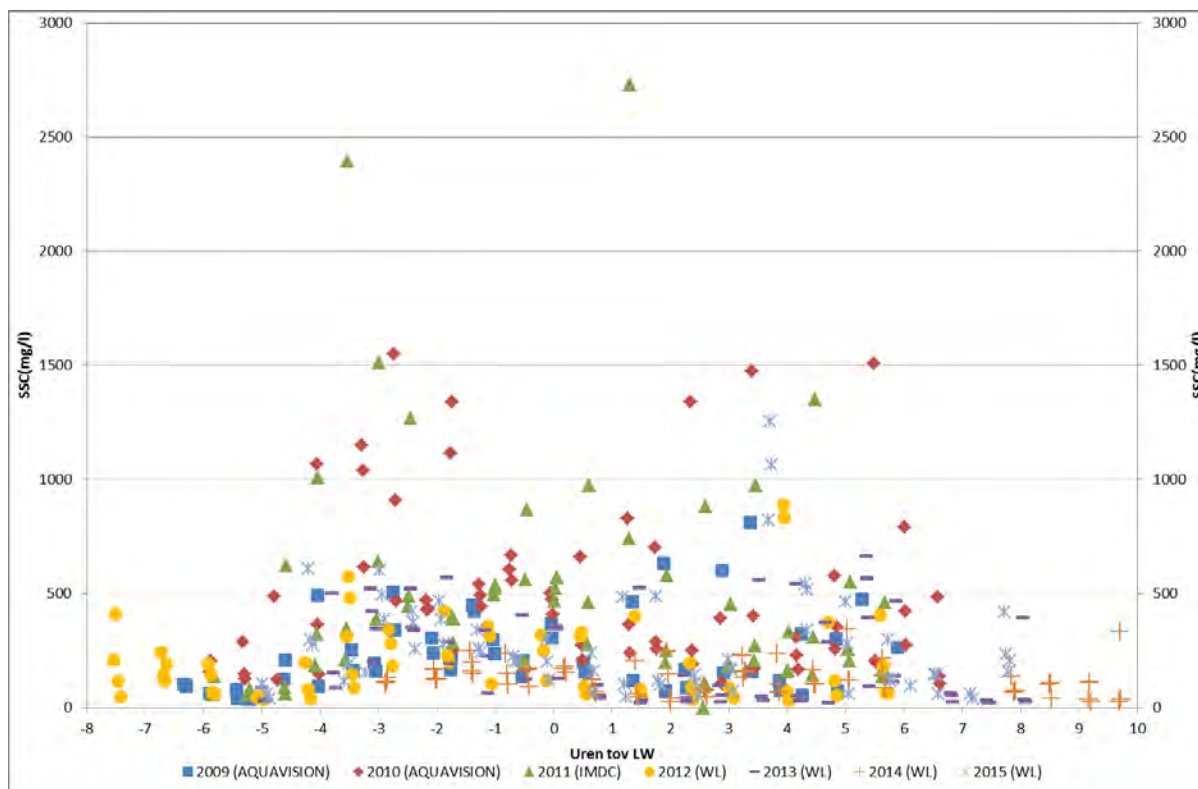
Figuur 167 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2012 zijn kleiner dan deze voor de overige jaren, veroorzaakt door een kleiner getijverschil bij deze meting.

Figuur 168 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes bepaald in 2012, 2013 en 2014 en in mindere mate ook 2009 en 2015 duidelijk lager zijn dan in 2010 en 2011.

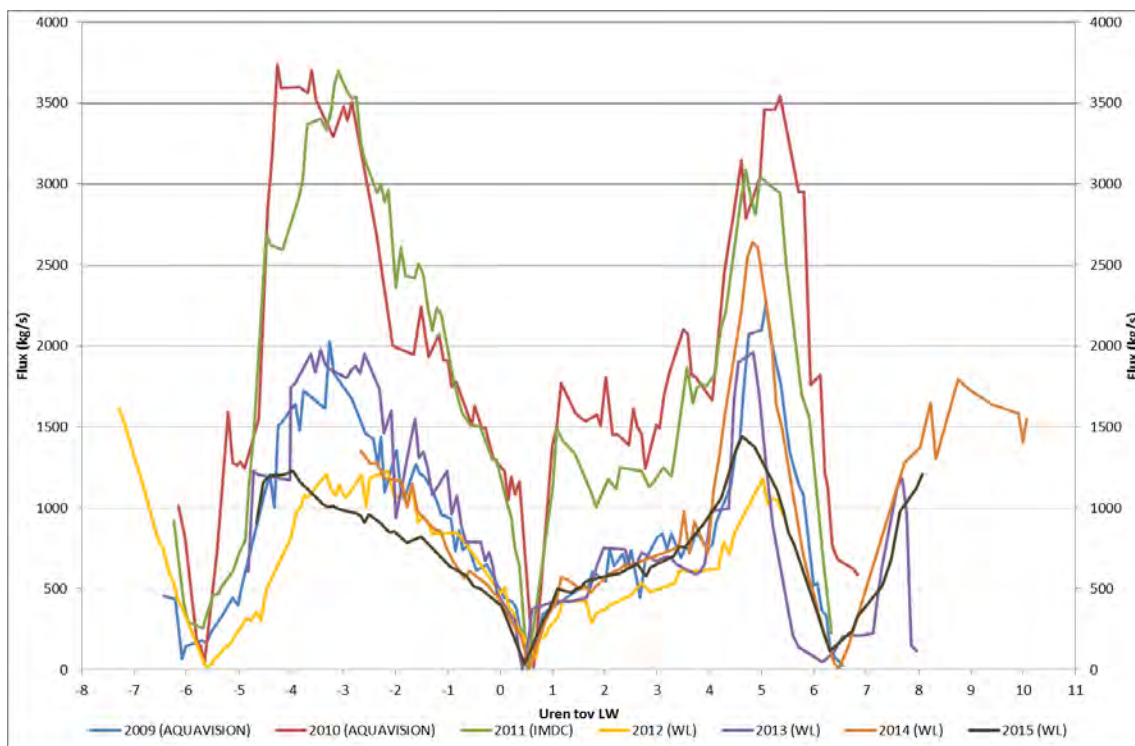
Door vermenigvuldiging van de gemeten debieten met de overeenkomstige SSC-waarden worden tenslotte de sedimentfluxen (SSF) berekend. Deze worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2015 in Figuur 169. Uit de figuur blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen het grootst waren tijdens de dertienuursmetingen in 2010 en 2011. De meting van 2015 resulteerde in een relatief kleine flux in vergelijking met voorgaande jaren. Door de sedimentflux te integreren over de duur van een getij bekomt men de sedimentvracht (SSL) tijdens dat getij.



Figuur 167 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 168 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 169 - SSF tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015

4.2.2.3 Dertienuursmeting te Oosterweel

Op 6 mei 2015 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Oosterweel. Figuur 170 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

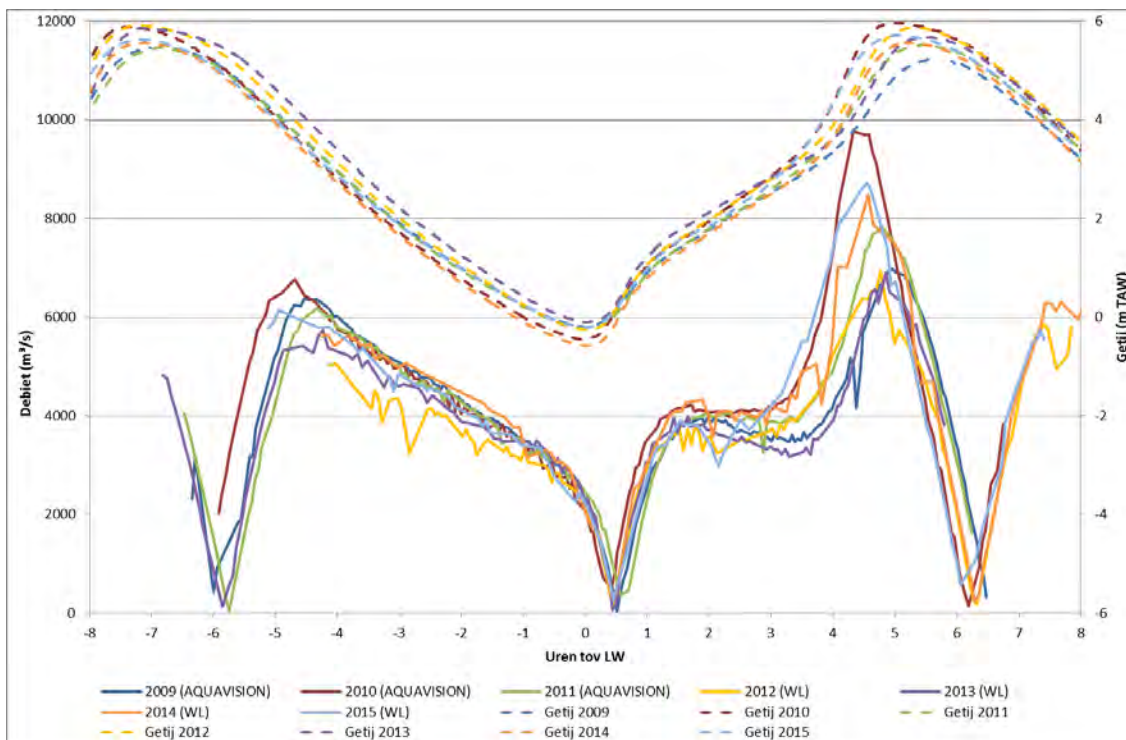


Figuur 170 - Meetraai voor de 13u-meting te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde)

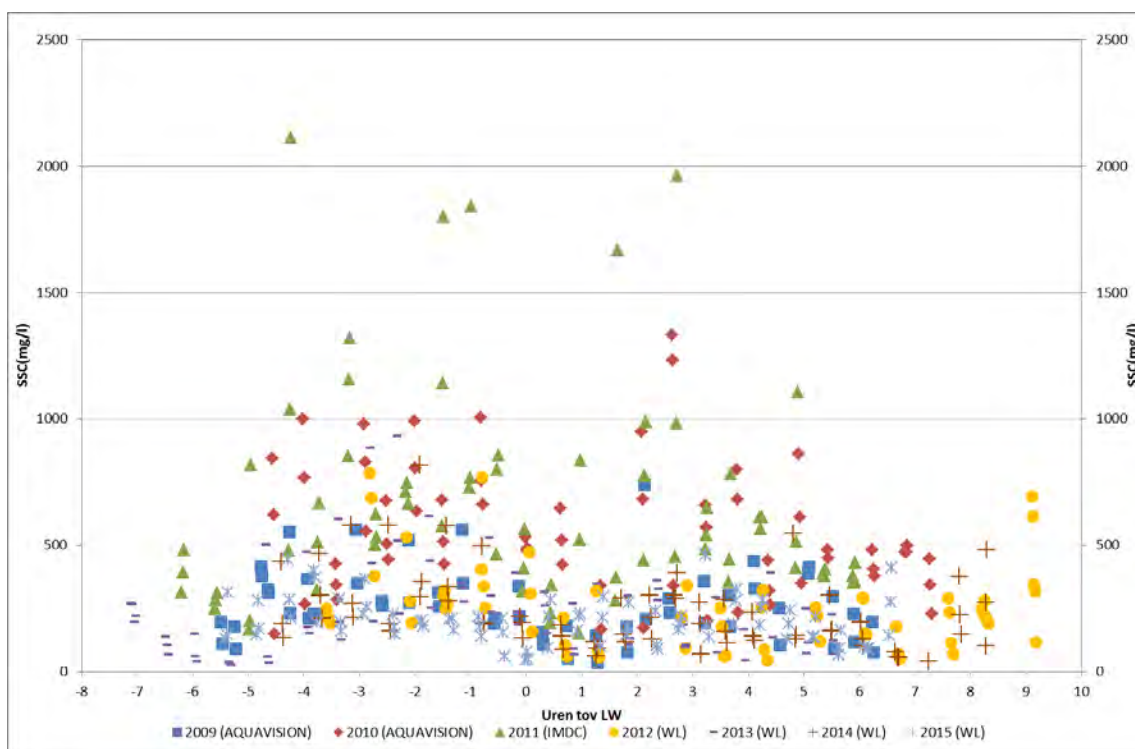
Figuur 171 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2009, 2012 en 2013 zijn ietwat lager en het debiet in 2010 wat hoger, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie. Tijdens de campagne in 2015 werden er iets hogere debieten bemeten.

Figuur 172 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes bepaald in 2009, 2012-2015 lager zijn dan in 2010 en 2011.

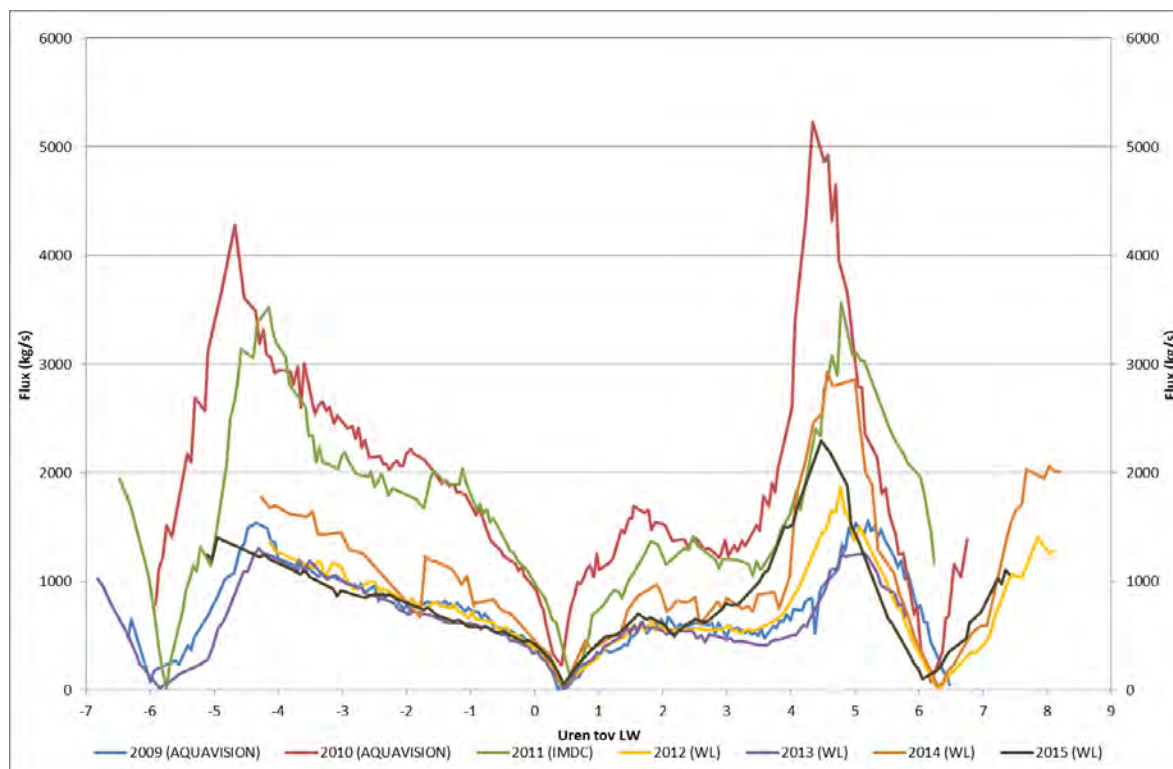
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2015 in Figuur 173. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen gelijkaardig waren tijdens de dertienuursmetingen in 2009, 2012 - 2015, maar groter in 2010 en 2011 (\pm factor 2).



Figuur 171 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 172 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 173 - SSF tijdens de 13u-metingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015

4.2.2.4 Dertienuursmeting te Kruibeke

Op 18 juni 2015 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Kruibeke. Figuur 174 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

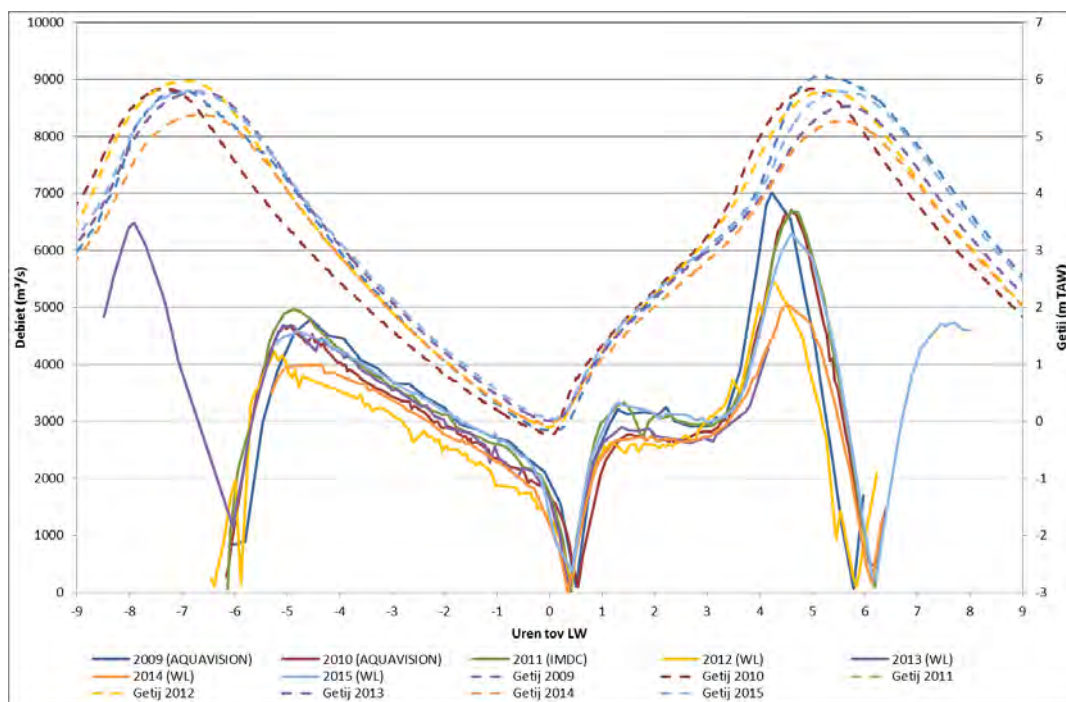
Figuur 175 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke voor de periode 2009 t.e.m. 2015. De debieten in 2012 en 2014 zijn ietwat lager dan deze voor de overige jaren.



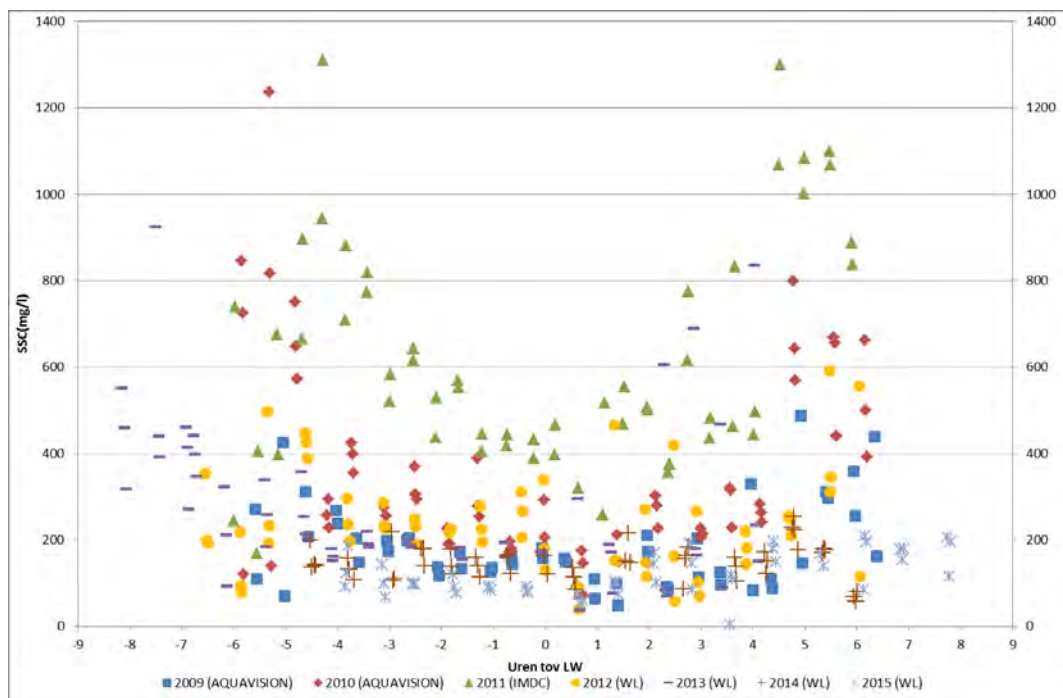
Figuur 174 - Meetraai voor de 13u-meting te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde)

Figuur 176 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Kruibeke voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes bepaald tijdens de dertienuursmetingen in 2015 vrij laag zijn. Enkel 2011 vertoont afwijkende concentraties, waarbij de laagste sedimentconcentraties nog steeds een factor twee hoger liggen dan de laagste concentraties gemeten in de overige jaren.

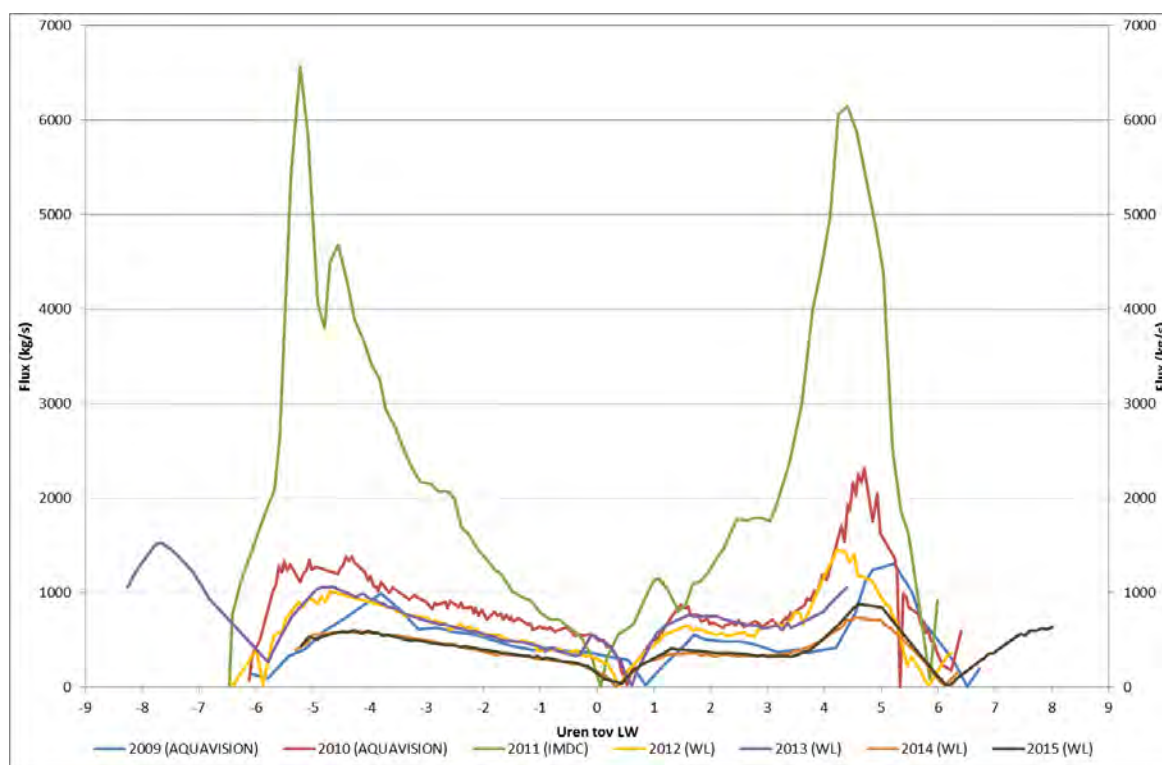
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Kruibeke voor de periode 2009 t.e.m. 2015 in Figuur 177. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen het grootst waren tijdens de meting in 2011 en het kleinst in 2014 en 2015.



Figuur 175 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 176 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 177 - SSF tijdens de 13u-metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015

4.2.2.5 Dertienuursmeting te Driegoten

Op 04 juni 2015 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde te Driegoten. Figuur 178 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

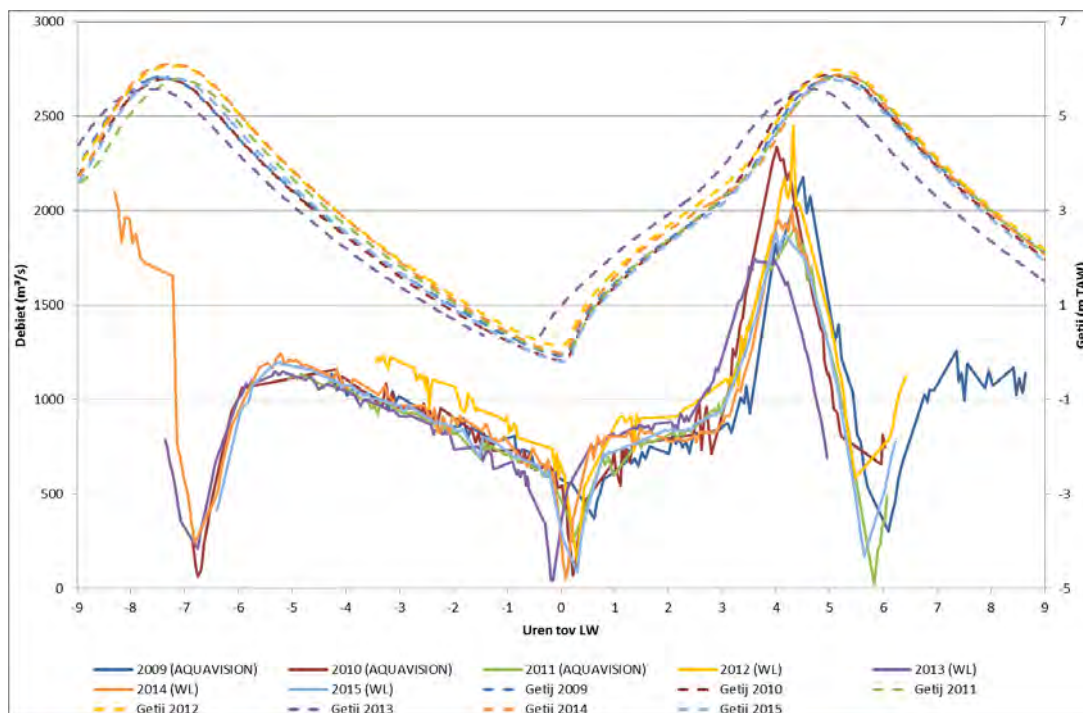
Figuur 179 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten.



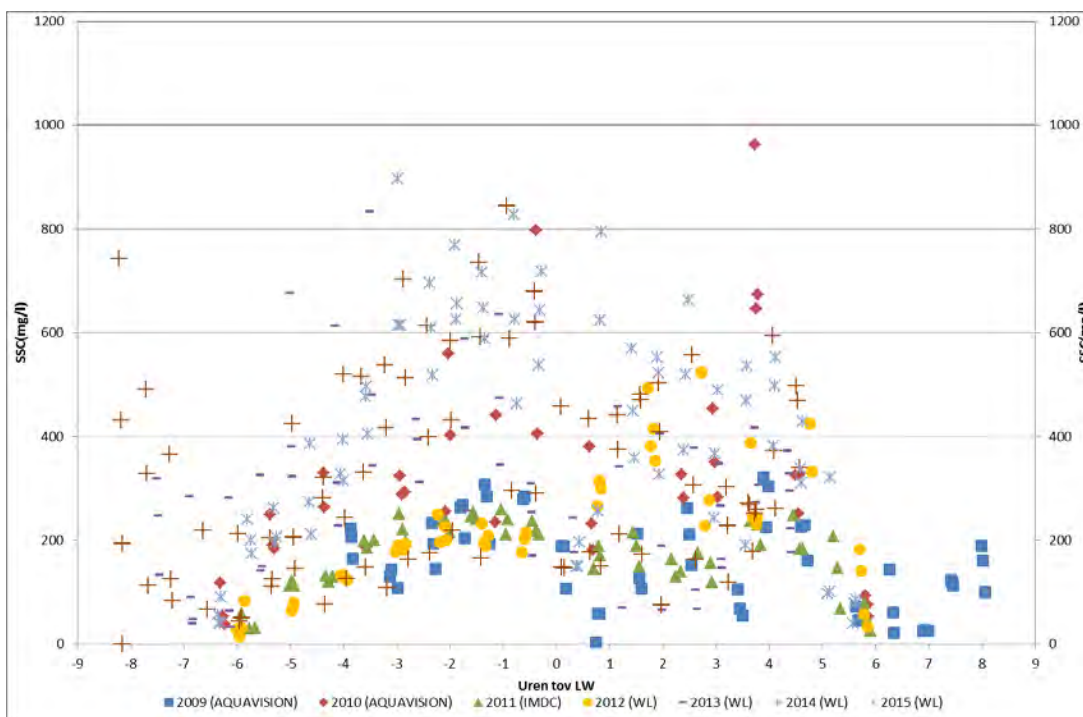
Figuur 178 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Driegoten (Boven-Zeeschelde)

Figuur 180 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Hieruit blijkt dat in (2010, 2013,) 2014 en 2015 de hoogste concentraties werden gemeten.

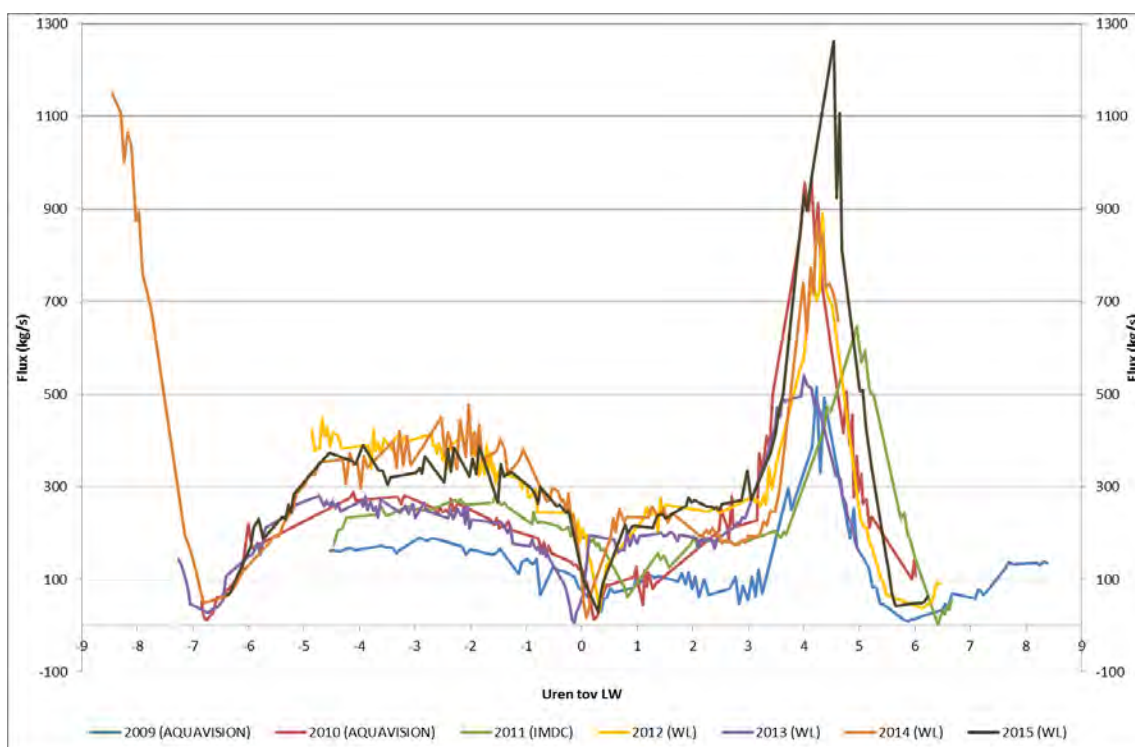
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2015 in Figuur 181. Voor de verschillende jaren is de SSF bij vloed duidelijk groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere piek. De sedimentflux was duidelijk lager in 2011, 2013 en vooral 2009. De campagne in 2015 vertegenwoordigt de hoogste SSF (bij vloed).



Figuur 179 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 180 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 181 - SSF tijdens de 13u-metingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015

4.2.2.6 Dertienuursmeting te Schoonaarde

Op 15 juni 2015 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde te Schoonaarde. Figuur 182 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

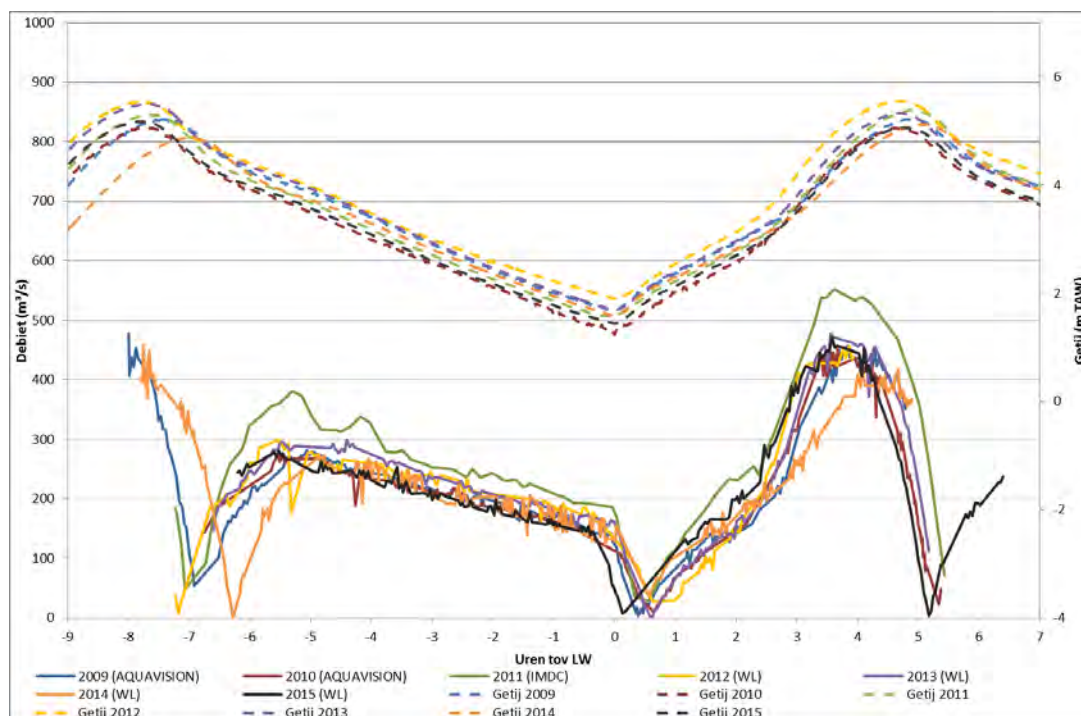
Figuur 183 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2015. Tijdens de meetcampagne in 2014 werden de laagste debieten gemeten, wat ten dele kan te wijten zijn aan het feit dat het eerste HW en de bijbehorende eerste kentering hoog water vroeger viel (6u20 i.p.v. 7u20) dan gemeten in voorgaande jaren.



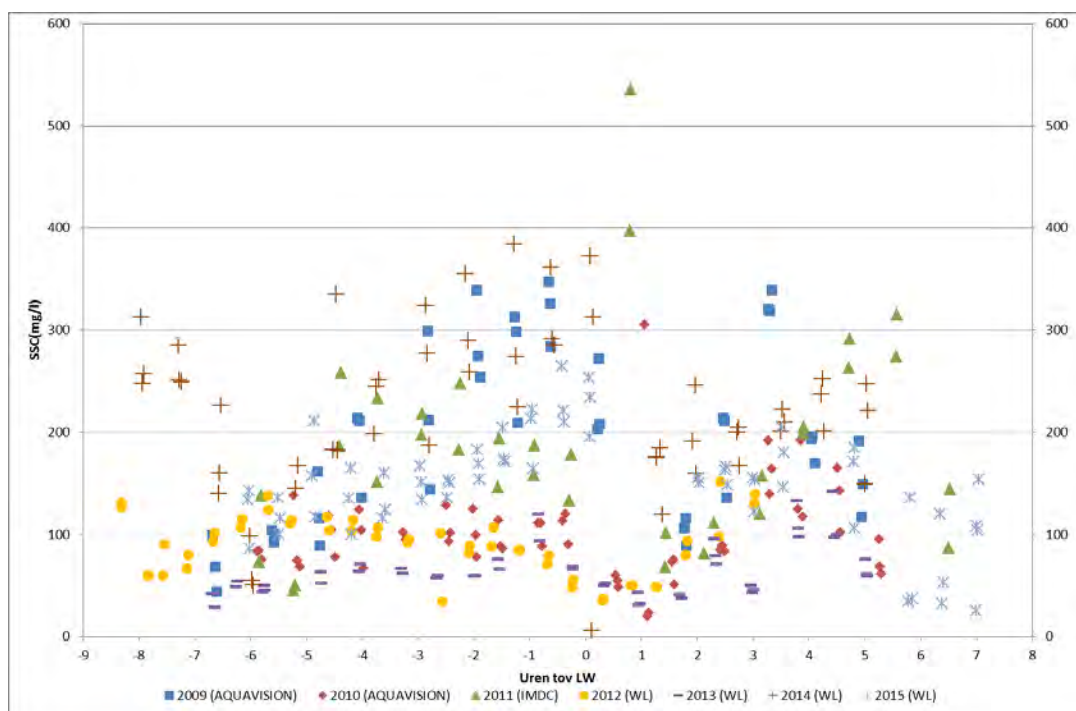
Figuur 182 - Meetraai voor de 13u-meting te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde)

Figuur 184 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2015. De metingen in 2010, 2012 en 2013 waren wat lager dan de overige jaren.

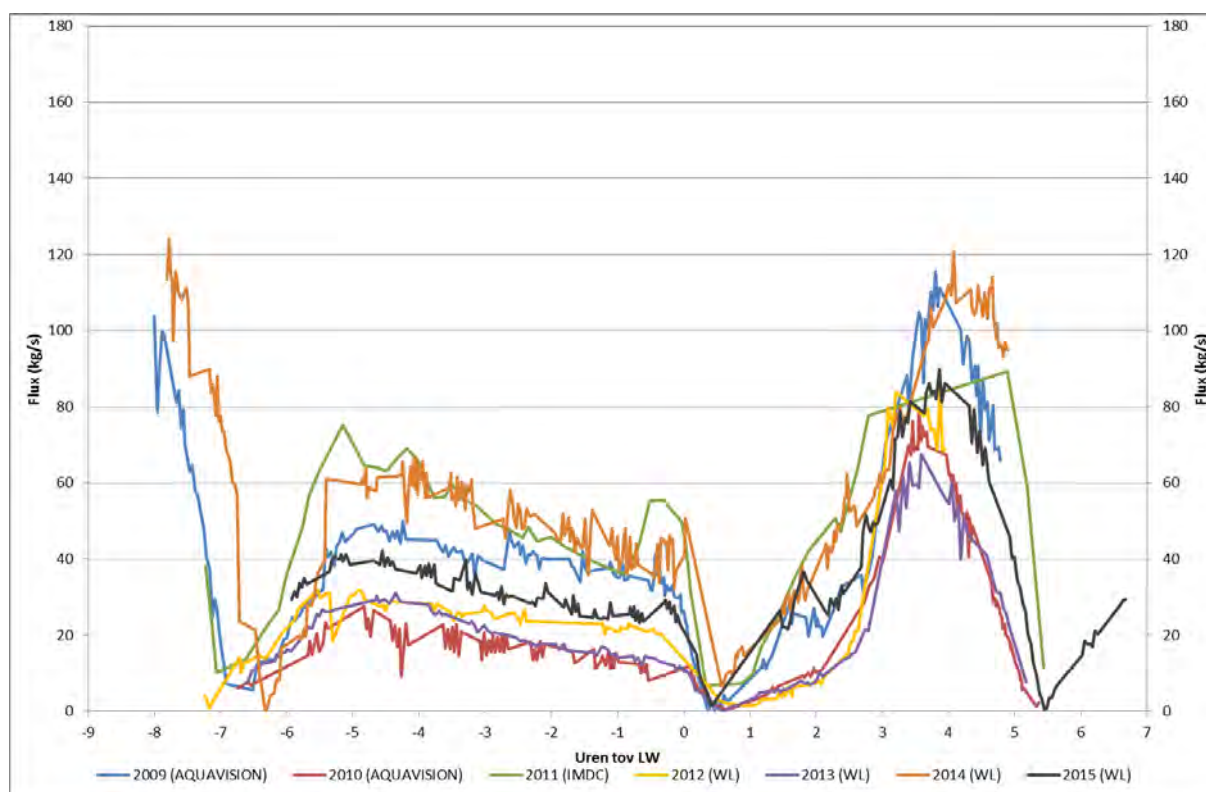
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2015 in Figuur 185. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen tijdens de dertienuursmetingen in 2010 en 2013 gemiddeld lager waren dan tijdens voorgaande campagnes. De SSF tijdens vloed was het hoogst in 2009 en 2014, tijdens eb was dit in 2011 en 2014. Voor de verschillende jaren is de maximale SSF bij vloed duidelijk groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere en smallere piek.



Figuur 183 - Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 184 - SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015



Figuur 185 - SSF tijdens de 13u-metingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2015

4.2.2.7 Dertienuursmeting te Terhagen

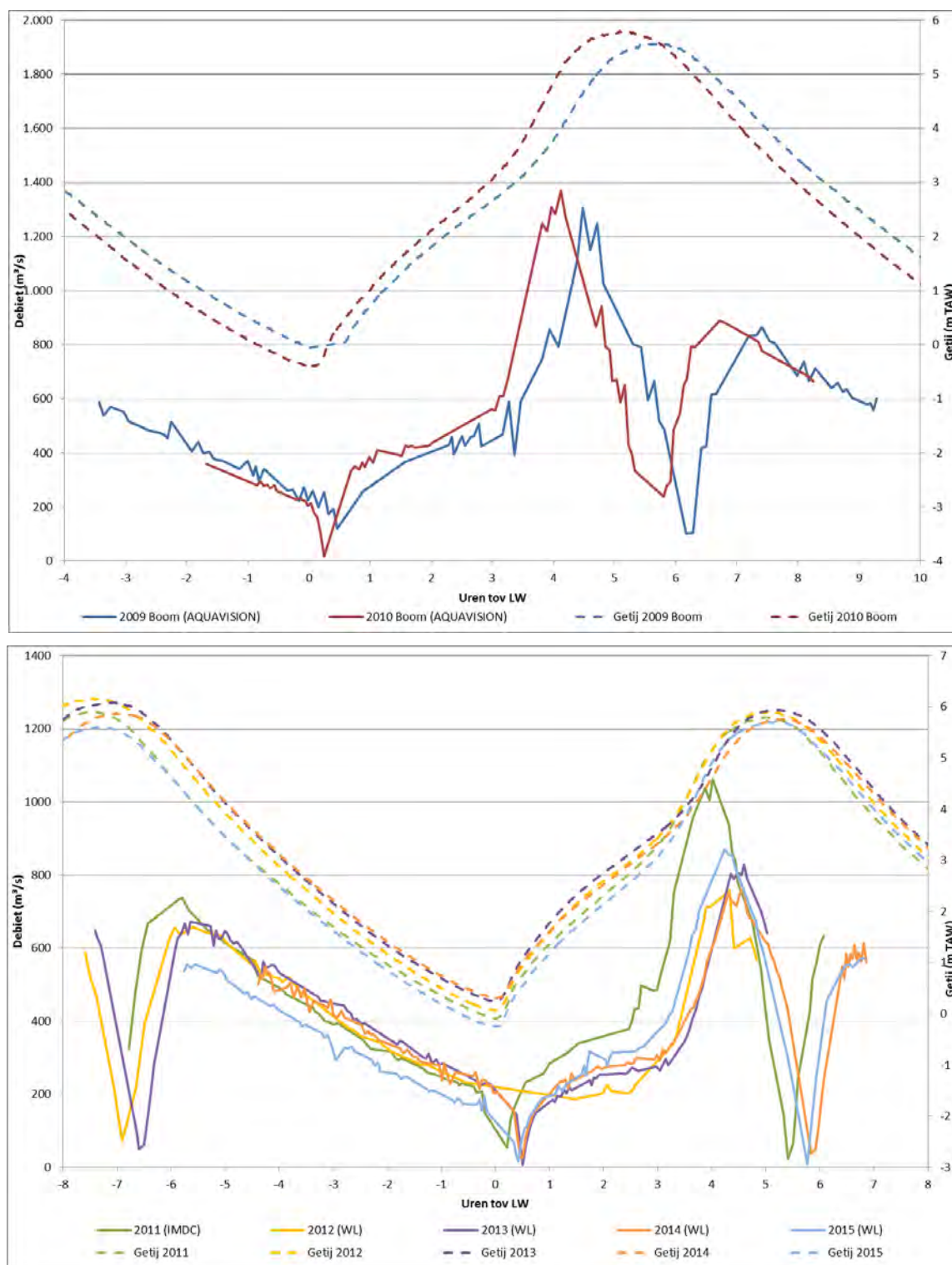
Op 17 juni 2015 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Rupel te Terhagen. Figuur 186 toont de ligging van de gevaren dwarsraai. Deze locatie is sinds 2011 in gebruik genomen voor dertienuursmetingen. Voordien werd dit op een meer afwaartse locatie te Boom uitgevoerd.



Figuur 186 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Terhagen (Rupel)

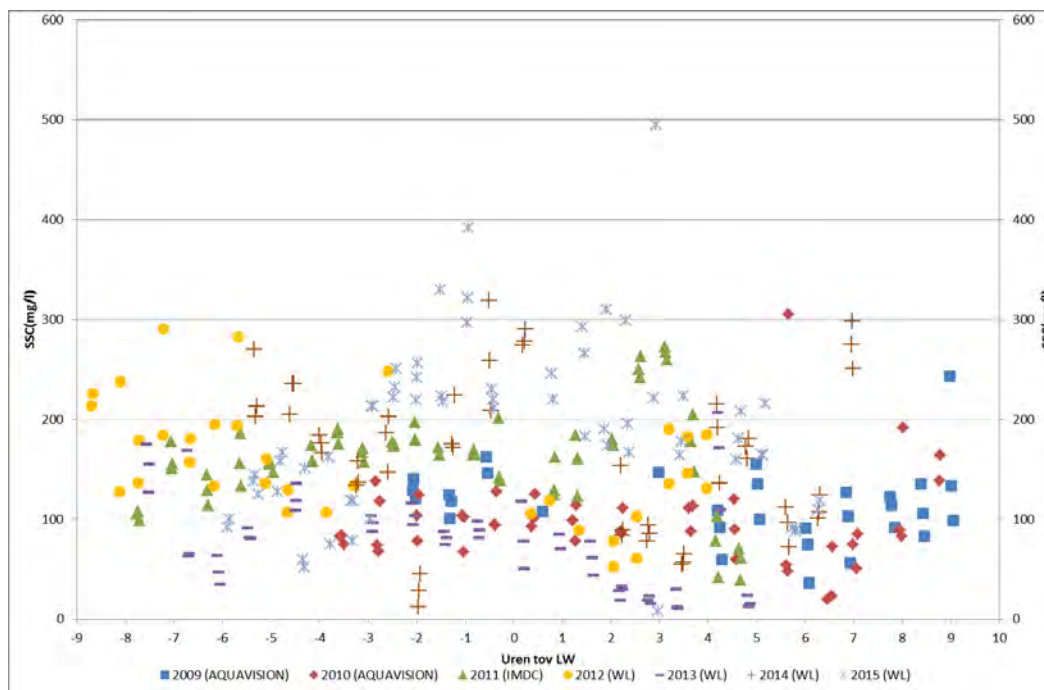
Figuur 187 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen voor de periode 2011 t.e.m. 2015. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig debiet gemeten bij eb, hoewel wat lager voor 2015, duidelijk gerelateerd aan de getijvariatie. Bij vloed zijn de debieten in 2012-2015 duidelijk lager dan deze voor 2011, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie.

Figuur 188 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen voor de periode 2009 t.e.m. 2015. In 2015 werden zowel de hoogste als de laagste sedimentconcentraties gemeten.

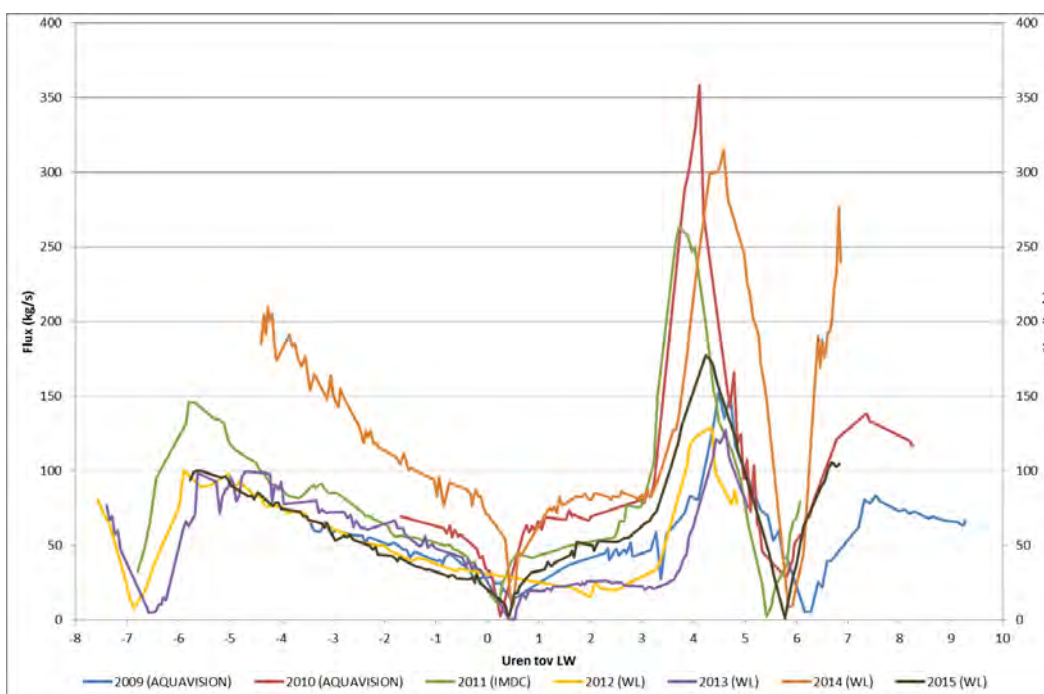


Figuur 187 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Boom (boven) en Terhagen (onder) (Rupel) in 2009 t.e.m. 2015

De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen voor de periode 2009 t.e.m. 2015 in Figuur 189. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen tijdens de dertienuursmetingen in 2009, 2012, 2013 en 2015 kleiner waren dan in 2010, 2011 en 2014. Voor de verschillende jaren is de maximale SSF bij vloed groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere en smallere piek. Tijdens eb werd er in 2014 een duidelijk grotere flux berekend dan tijdens de voorgaande campagnes. Tijdens vloed was de flux in 2014 gelijkaardig aan deze berekend uit de campagnes van 2010 en 2011.



Figuur 188 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2015



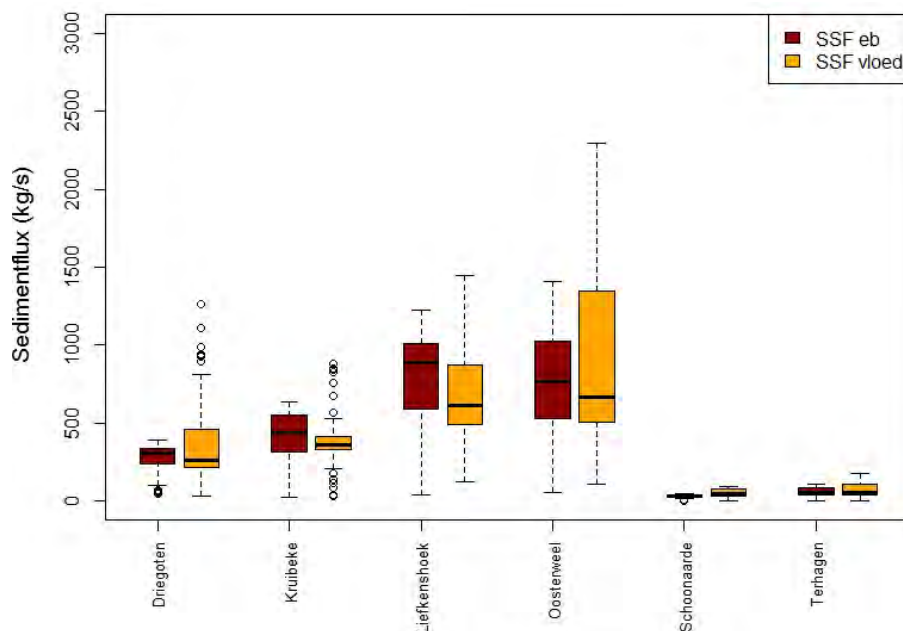
Figuur 189 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2015

In Tabel 34 zijn het debiet, sedimentconcentratie (SSC), sedimentflux (SSF), sedimentvracht (SSL), stroomsnelheid en voorbij gestroomd volume water bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) samengevat.

Voor alle posten is de maximale snelheid bij vloed groter dan bij eb. Voor alle posten, uitgezonderd Schoonaarde, is de gemiddelde snelheid bij eb echter groter dan bij vloed. Het gemiddelde en maximale debiet is voor alle posten groter bij vloed dan bij eb. Toch is het totale volume echter overal groter bij eb dan bij vloed.

De gemiddelde SSC bij eb is groter dan deze bij vloed voor de meer afwaartse meetlocaties Liefkenshoek, Oosterweel en Kruibeke maar de verschillen zijn beperkt. Het omgekeerde geldt voor Driegoten, Schoonaarde en Terhagen, met iets grotere verschillen tussen SSC bij eb en vloed. De SSF is overal groter tijdens vloed dan tijdens eb, behalve te Liefkenshoek maar het verschil is er klein. De totale sedimentvracht was groter bij eb te Liefkenshoek, Oosterweel en Kruibeke, groter bij vloed te Driegoten en ongeveer gelijk bij eb en vloed te Schoonaarde Terhagen.

Figuur 190 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed in 2015, voor alle meetlocaties.



Figuur 190 - Boxplots van de sedimentflux bij eb en vloed tijdens de 13u-metingen langs de verschillende dwarsraaien in 2015

Tabel 34 - Debiet, Sedimentconcentratie (SSC), Sedimentflux (SSF), Sedimentvracht (SSL), Stroomsnelheid en Volume bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de dertienuursmetingen in 2015

			Liefkenshoek	Oosterweel	Kruibeke	Driegoten	Schoonaarde	Terhagen
Stroom-snelheid (cm/s)	Eb	Max	98	105	97	93	74	81
		Gemid.	69	80	77	75	61	68
	Vloed	Max	104	130	117	110	106	94
		Gemid.	63	78	74	69	61	61
Debiet (m³/s)	Eb	Max	8.978	6.132	4.589	1.197	279	567
		Gemid.	5.939	4.036	3.216	864	193	339
	Vloed	Max	11.605	8.705	6.293	1.878	467	868
		Gemid.	6.186	4.471	3.486	1.007	246	413
Volume (Mm³)	Eb	Totaal	135	100	118	21	5,4	8,7
	Vloed	Totaal	132	91	117	20	4,4	8,0
SSC (mg/L)	Eb	Gemid.	121	192	77	328	145	168
	Vloed	Gemid.	115	190	73	362	179	175
SSF (kg/s)	Eb	Gemid.	734	785	386	279	28	58
	Vloed	Gemid.	715	898	421	403	44	74
SSL (ton)	Eb	Totaal	16.724	19.352	9.248	6.790	776	1.483
	Vloed	Totaal	15.268	18.272	8.866	7.971	788	1.431

5. Referenties

Boeckx, L.; Coen, L.; Deschamps, M.; Peeters, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Stormperiode 28-30 november 2015. Versie 3.0. WL Rapporten, 00_119. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen, België.

De Boeck, K.; Ferket, B.; Vanlierde, E.; Boeckx, L.; Mostaert, F. (2014a). Methodologie Berekening Slibbalans Zeeschelde: Methodologie en implementatie in WISKI. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_061. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen, België.

De Boeck, K.; Van Hoestenbergh, T.; Vanlierde, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014b). Saliniteit – Chloriniteit – Chlorositeit: Relaties in gebruik in zeewater en in de Beneden-Zeeschelde. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_076. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

De Schutter, J.; Mostaert, F. (2009). Instructie: Bepalen van droogrest. I-WL-PP31-5 Versie 01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 6 p.

Ferket, B.; Van Hoestenbergh, T.; Claeys, S.; Vanlierde, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Methodologie voor de bepaling van SSC aan meetposten met Aanderaa of YSI multiparametersondes, Versie 6.0. WL Rapporten, 12_076_1. Waterbouwkundig Laboratorium : Antwerpen, België.

IMDC (2013) Monitoringsprogramma Flexibel Storten – Fase 2; Deelopdracht 1 – Analyse slibconcentratiemetingen in de Zeeschelde

Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). MONEOS 2014 - 13 uursmetingen: Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 3.0. WL Rapporten, 13_086. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Meire, D., Levy, Y., Vereecken, H., Plancke, Y., Deschamps, M., Verwaest, T., Mostaert, F. (2016). MONEOS, Metingen halftij-eb in de Zeeschelde: Factual data rapport 2015. Versie 1.0. WL Rapporten, 13_084. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Plancke, Y.; Taverniers, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2012). Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 1 - Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2012. Versie 2.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Plancke, Y.; Vereecken, H.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 5 - Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2013. Versie 4.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Schrijver M., Plancke Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008 - 2018. Rapport MONEOS-T-2008-033 /WL2008R791-3_1ref1_0. Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg, Waterbouwkundig Laboratorium, Borgerhout

Taverniers, E.; Plancke Y. en Mostaert, F. (2013). MONEOS - jaarboek monitoring WL - BASISBOEK: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. Versie 3_0. WL Rapporten, Projectnr 12_070.

Teledyne Technologies Incorporated (2012). Teledyne Isco – Products - 6712FR Fiberglass Refrigerated Sampler [ONLINE] Teledyne Technologies Incorporated. Beschikbaar op: <http://www.isco.com/products/products3.asp?PL=201202010> [datum van opzoeking: 12-12-2012].

Van Hoestenbergh, T.; Ferket, B.; De Boeck, K.; Vanlierde, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 2 – Sediment load for the river Scheldt and its main tributaries (1972 – 2009). Versie 5.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea Group. Antwerpen, België.

Vandenbruwaene, W.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 4 – Historische evolutie SPM. Versie 4_0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea: Antwerpen, België.

Vanlierende, E.; Cornet, E.; Vereycken, K.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Methode berekening debieten in de Schelde. Berekening debieten te Schelle, afwaarts Dendermonde en aan de Belgisch-Nederlandse grens Versie 5.0. WL Rapporten, 12_077. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vanlierende, E.; Ferket, B.; Michielsens, S.; Vereycken, K.; Van Hoestenbergh, T.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015a). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2013: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2013. Versie 8.0. WL Rapporten, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vanlierende, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsens, S.; Vereycken, K.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Meire, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015b). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2014: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2014. Versie 4.0. WL Rapporten, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vanlierende, E.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2013). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2012: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2012. Versie 2_0. WL Rapporten, 12_070_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Vereecken, H.; Vanlierende, E.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2012) MONEOS – jaarboek monitoring WL 2011: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2011 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten, Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vos, G.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2013). Habitatmapping Zeeschelde: Deelrapport 3 – Relaties abiotiek. Versie 2_0. WL Rapporten, 00_028. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vos, G.; Maximova, T.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Habitatmapping Zeeschelde: Indeling o.b.v. abiotiek volledige Zeeschelde. Versie 2.0. WL Adviezen, 00_028. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Bijlage: MONEOS-T parameters

A. Situering

In het kader van het project Verruiming Vaargeul, waarbij de vaargeul in de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde verdiept werd ten behoeve van een getij-onafhankelijke vaart tot 131 dm, zal na twee jaar een voortgangsrapport van de monitoring dienen opgemaakt te worden. Basis hiervoor zijn het monitoringprogramma MONEOS-T (Schrijver & Plancke, 2008) en het "Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters". Dit monitoringprogramma omvat verschillende parameters voor de aspecten waterbeweging, morfologie en fysische parameters. In eerste instantie zal voornamelijk voor het getij een uitgebreide evaluatie gebeuren. Gelet op de korte referentieperiode voor de andere parameters, zal de analyse hiervoor voorlopig beperkt blijven.

Voor het getij zullen de jaarlijks gemiddelde hoog- en laagwater geëvalueerd worden. Naar analogie met MOVE, wordt een referentieperiode gekozen waarop de trends worden bepaald. Voor de trends worden twee processen in beschouwing genomen: de zeespiegelstijging (waarbij aangenomen wordt dat deze lineair is) en de 18,61-jarige nodale getijcyclus (sinusoïdaal verondersteld met vastgelegde fase). Aangezien in de jaren 1970 sterke veranderingen zijn opgetreden in de laagwaters, is geopteerd om de periode 1980 – 2009 als referentieperiode te hanteren. Vervolgens worden de nieuw beschikbare meetgegevens vergeleken met deze trends en de bijbehorende voorspellings-intervallen.

B. Methodologie

Voor het bepalen van de trends werden twee processen in beschouwing genomen:

- zeespiegelstijging: lineaire trend: $WL = \lambda \cdot t + \mu$
- 18,61 jarige nodale cyclus: sinusoïdale trend met vastgelegde fase:

$$WL = \alpha \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + \varphi\right)$$

Met behulp van de methode der kleinste kwadraten werden de parameters λ , μ en α bepaald. Hierbij werd uitgegaan van volgende relatie: $WL_i = \lambda \cdot t_i + \mu + \alpha \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t_i + \varphi\right) + e_i$

Binnen de sinusoïdale trend werd de periode ($T = 18,61$ jaar) vastgelegd, terwijl de fase bepaald werd voor het getijverschil in Vlissingen, waarbij eerst het effect van de zeespiegelstijging werd verwijderd. Deze keuze biedt enerzijds het voordeel dat het getij in Vlissingen niet verstoord is door wijzigingen (ten gevolge van ingrepen) in het estuarium, terwijl anderzijds het getijverschil maximaal beïnvloed wordt door de 18,61-jarige cyclus (hogere hoogwater en lagere laagwaters).

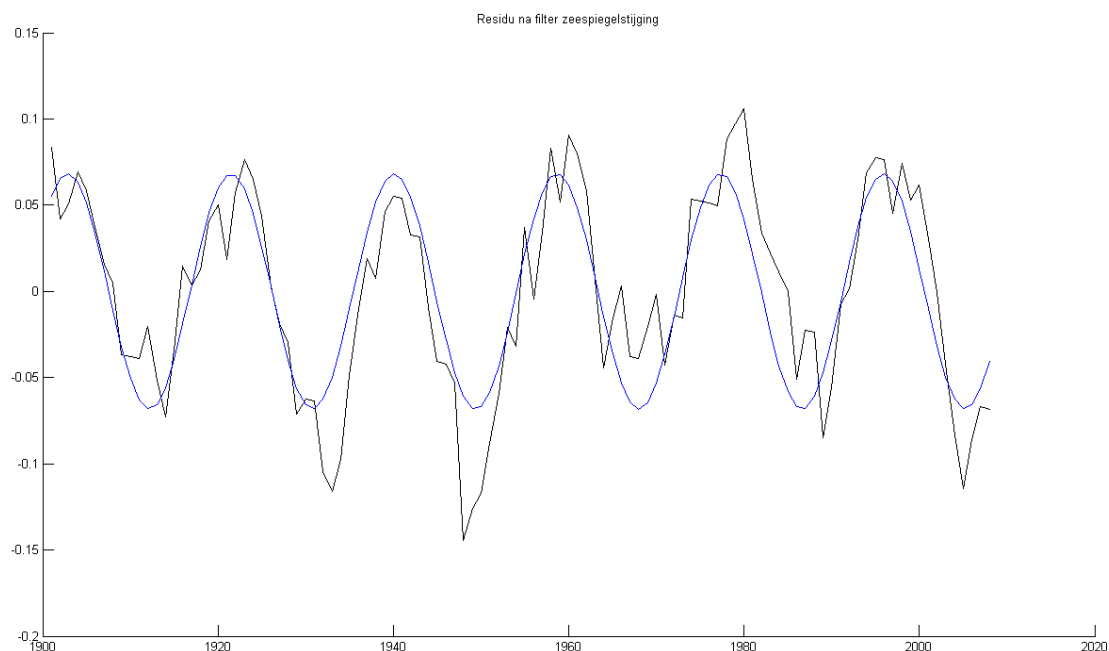
Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters (λ , μ en α) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

C. Resultaten

1.C.1 Jaarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaters

In eerste instantie werd de fase φ van het sinusoïdale verloop van de 18,61-jarige cyclus bepaald. Figuur C1 - 1 geeft het resultaat van de regressie van die 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen (na verwijdering zeespiegelstijging en $T = 18,61$ jaar). Deze fase wordt vervolgens toegepast in de regressiemodellen voor de verschillende beschouwde posten in de Beneden-Zeeschelde. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het hoog- en het laagwater in tegenfase zijn (hogere hoogwaters vallen samen met lagere laagwaters en vice versa):

- $\varphi_{HW} = 1,27 \cdot E-4$
- $\varphi_{LW} = 1,27 \cdot E-4 + \pi$



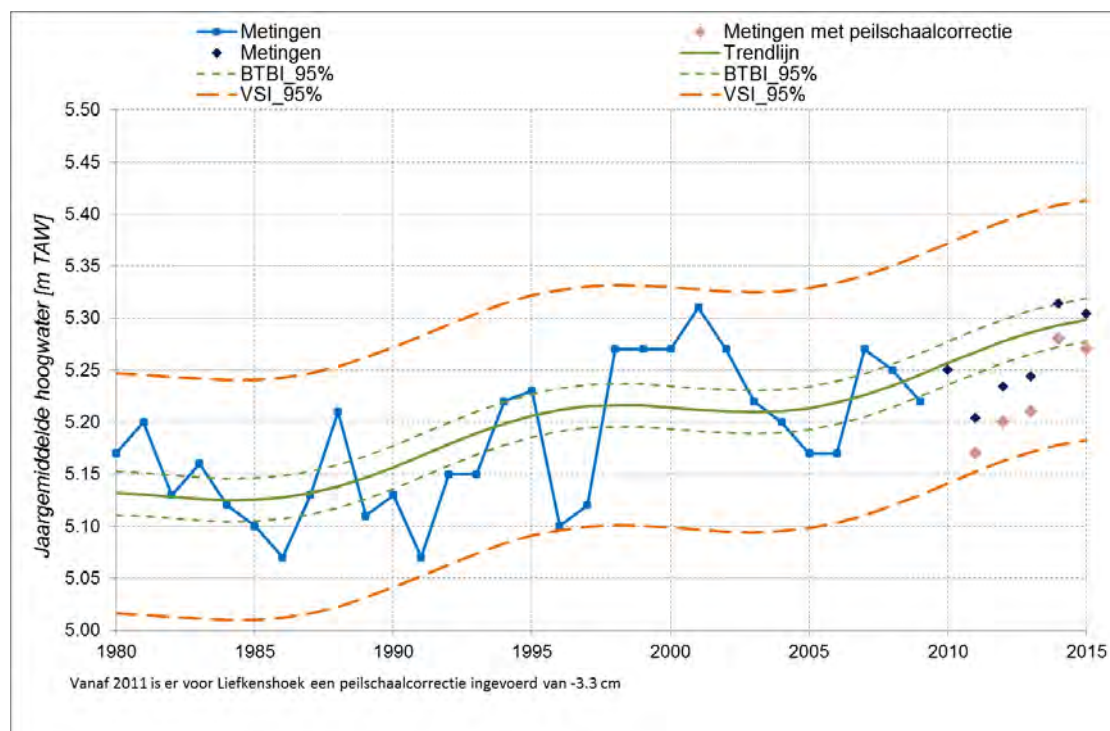
Figuur C1 - 1 - Bepalen van de fase voor de 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen

Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters (λ , μ en α) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

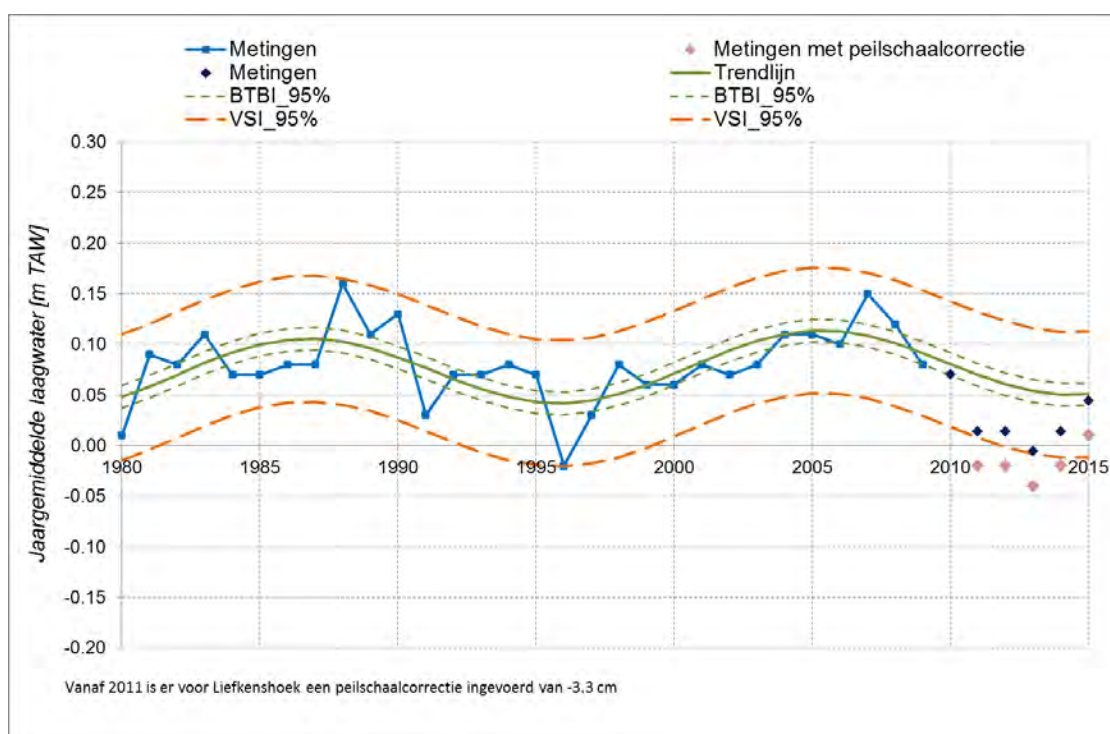
Tabel C1 - 1: Overzicht regressieparameters getijposten Beneden-Zeeschelde

	HOOGWATER			LAAGWATER		
	λ [m/jaar]	μ [m]	α [m]	λ [m/jaar]	μ [m]	α [m]
Liefkenshoek	4,54E-3	-3,87	1,97E-2	4,40E-4	-0,80	3,40E-2
Antwerpen	3,12E-3	-0,94	2,99E-2	1,00E-3	-1,98	3,66E-2
Schelle	4,05E-3	-2,63	2,63E-2	7,91E-4	-1,53	2,58E-2

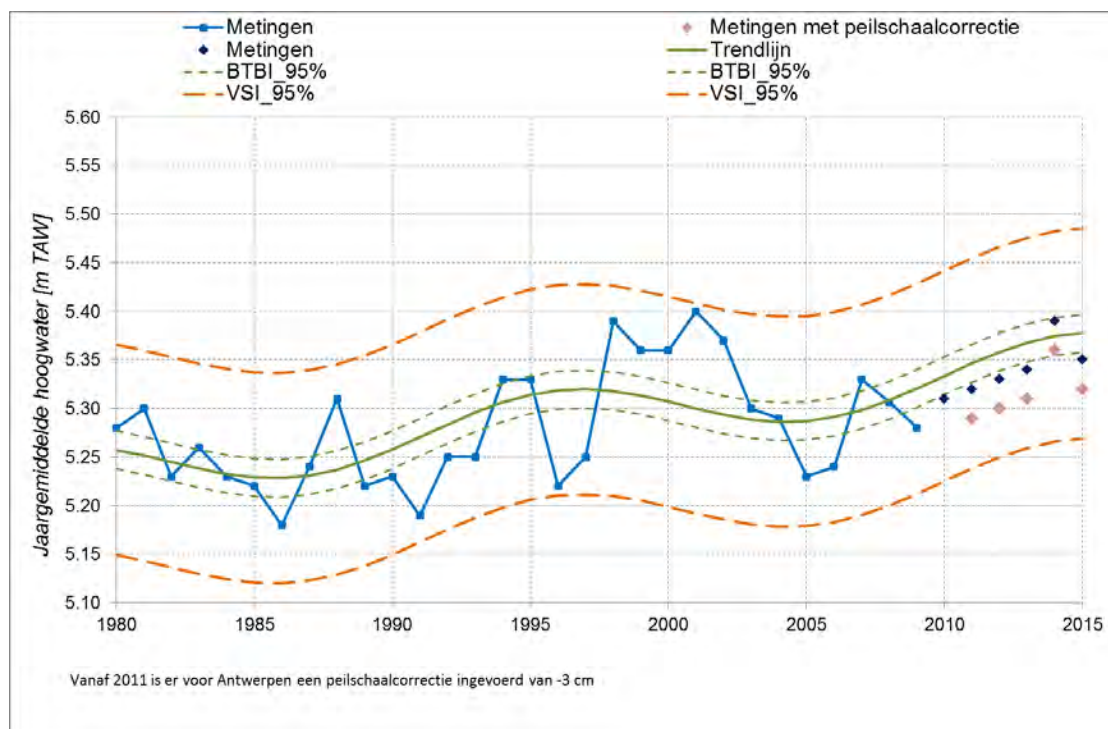
Figuur C1 - 2 tot en met Figuur C1 - 8 presenteren de resultaten voor de beschouwde getijposten voor hoog- en laagwater. De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het licht blauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). Tenslotte worden de recente meetwaarden als donker blauwe punten weergegeven op de grafiek. In 2013 zijn de peillatten opnieuw ingemeten voor o.a. deze drie tijposten. Het bleek dat de peillat voor deze tijposten 3 cm hoger aangaf dan de werkelijke hoogte, aldus zijn al de tijgegevens met drie cm naar beneden gecorrigeerd en teruggerekend t.e.m. 2011. Hierdoor is een knik waarneembaar in alle 6 grafieken, daarom zijn zowel de zwarte ruiten ("metingen") als de roze ruiten ("metingen met peilschaalcorrectie") weergegeven op de grafieken. Deze zaken zullen uiteraard ook opgenomen worden in het tienjarig overzicht dat eind 2015 opgemaakt zal worden.



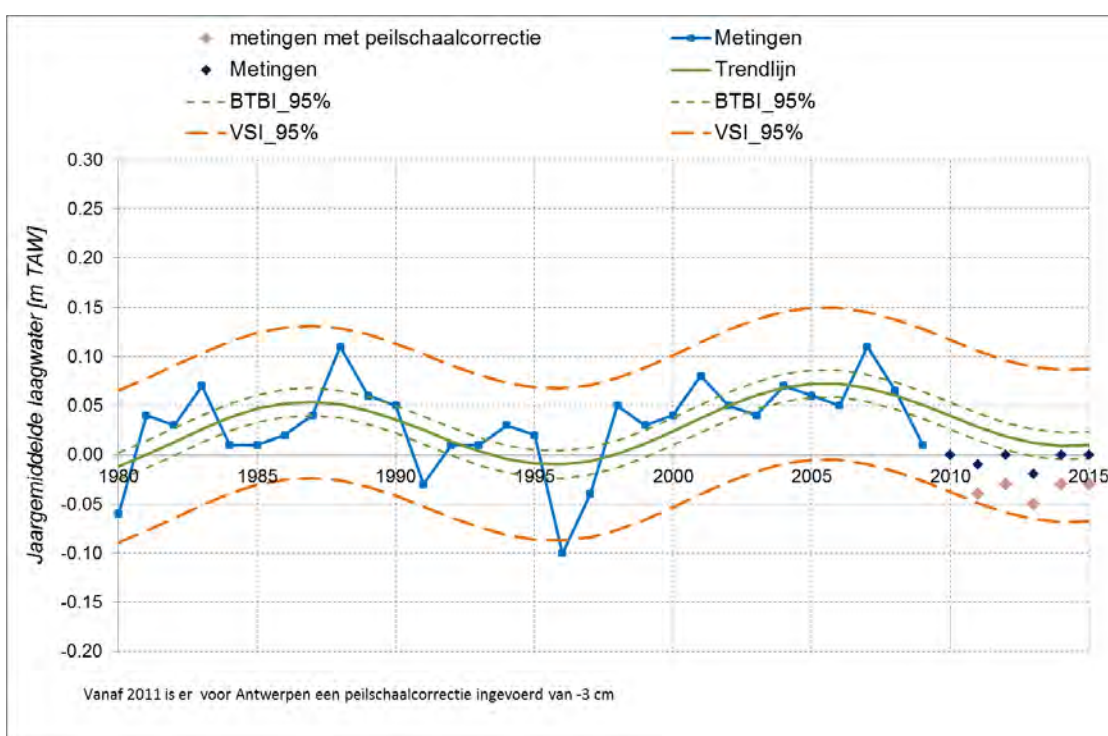
Figuur C1- 2: Ontwikkeling van het hoogwater te Liefkenshoek



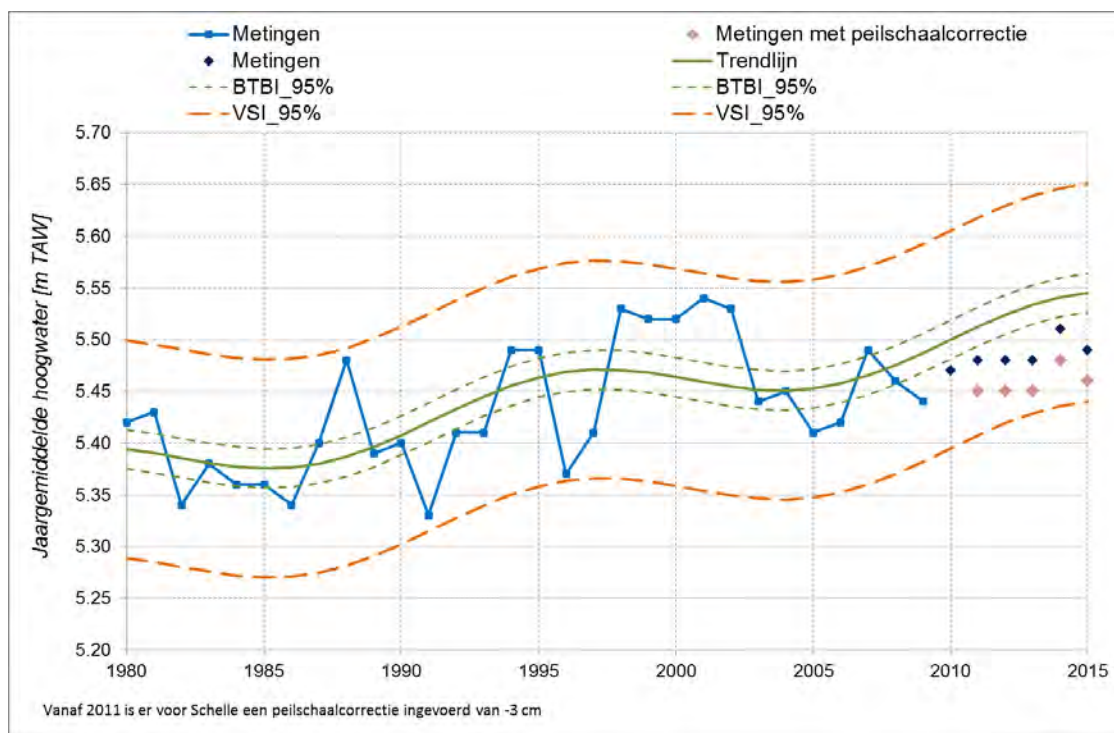
Figuur C1- 3: Ontwikkeling van het laagwater te Liefkenshoek



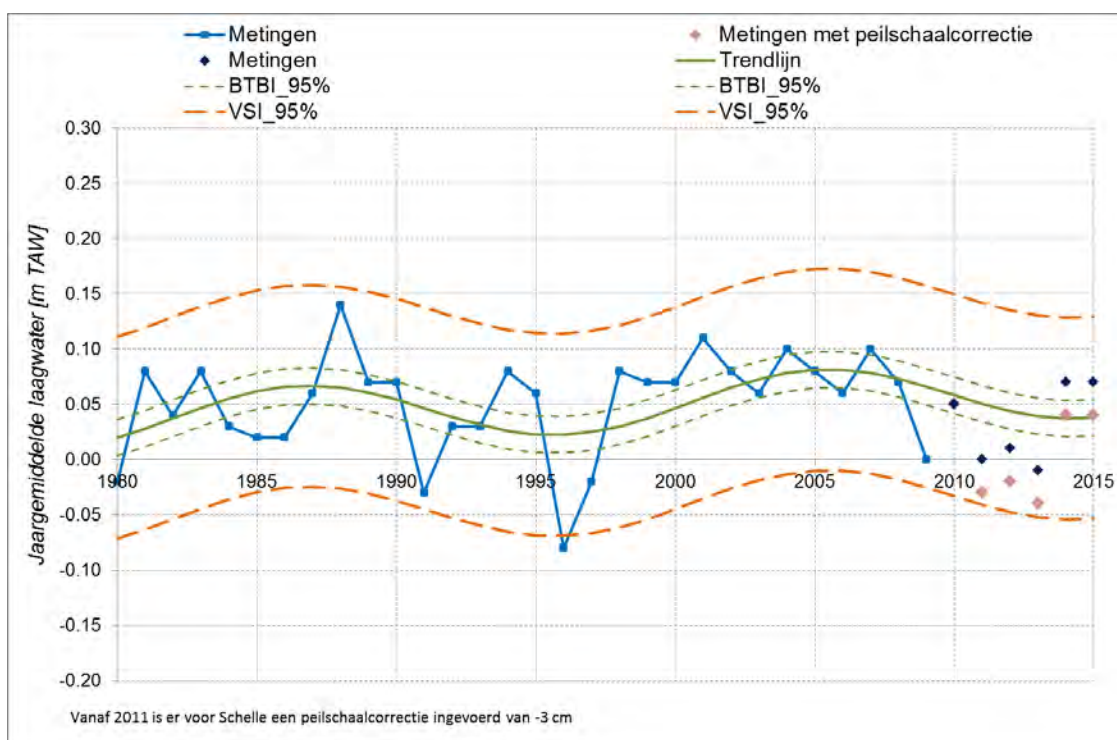
Figuur C1- 4: Ontwikkeling van het hoogwater te Antwerpen



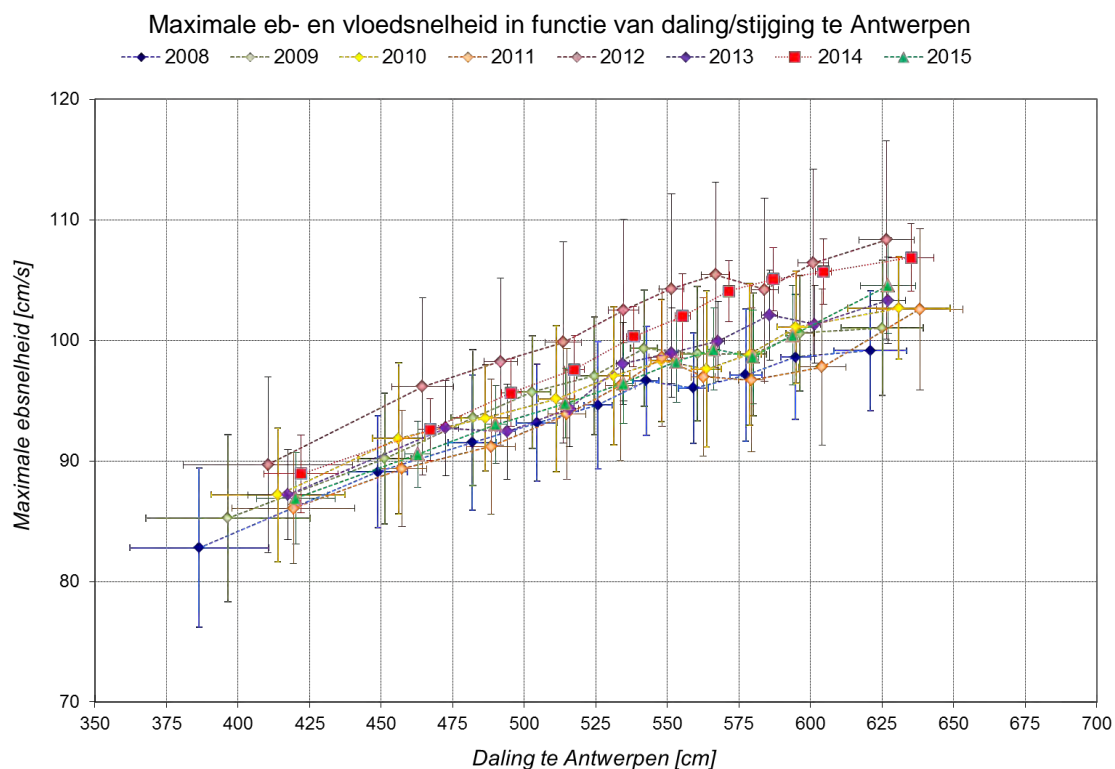
Figuur C1- 5: Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen



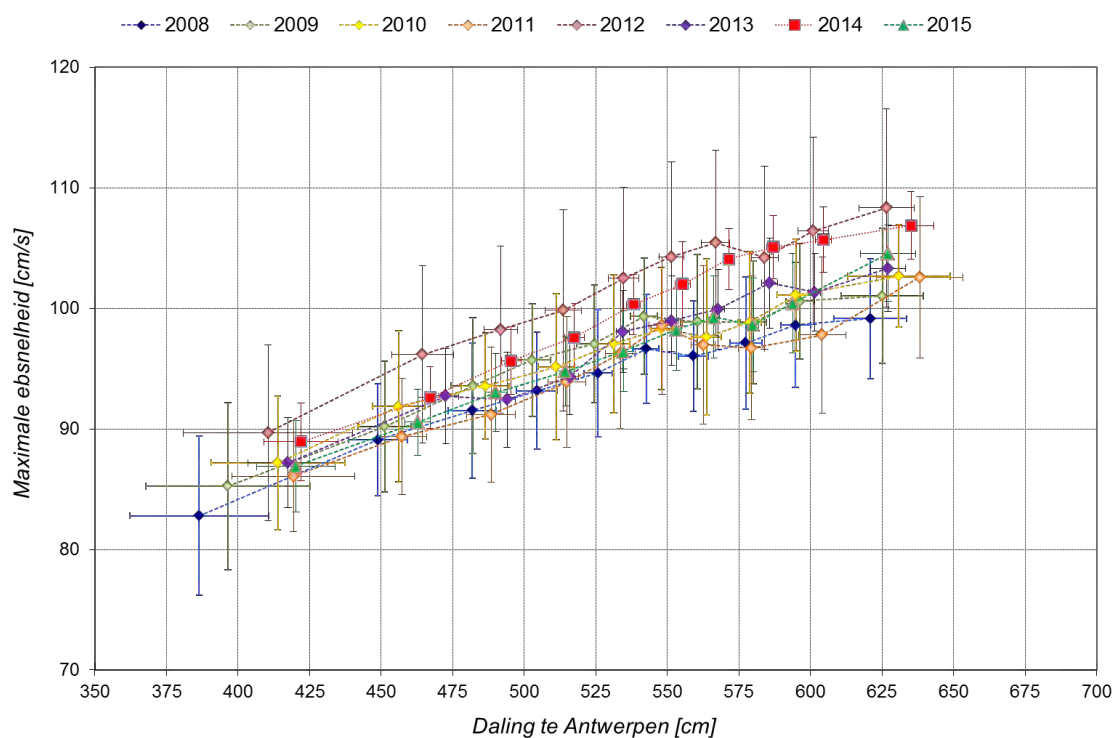
Figuur C1- 6: Ontwikkeling van het hoogwater te Schelle



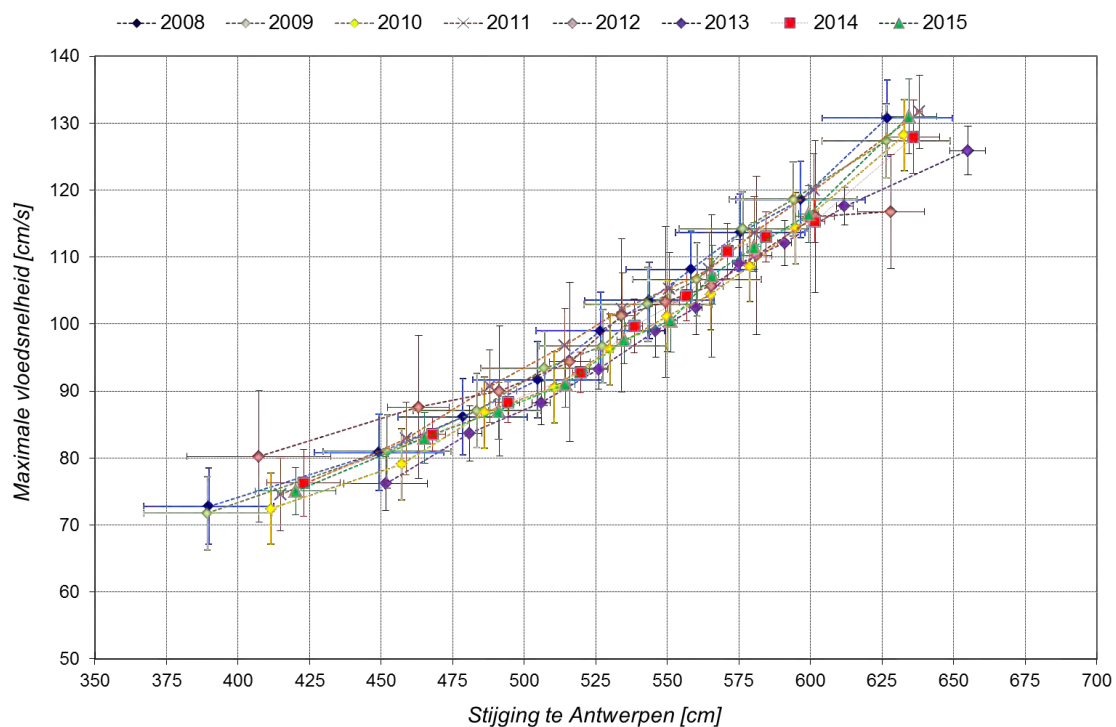
Figuur C1- 7: Ontwikkeling van het laagwater te Schelle



Figuur C2- 1 en Figuur C2- 2 tonen het verloop van de maximale eb- en vloednelheid in functie van de overeenkomstige daling resp. stijging van het waterpeil te Antwerpen doorheen de jaren 2008-2015.



Figuur C2- 1: Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen



Figuur C2- 2: Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be